Н. Н. ЗАМЯТИН
ЗАВОД „ЭЛЕКТРИК“

РЕМОНТ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

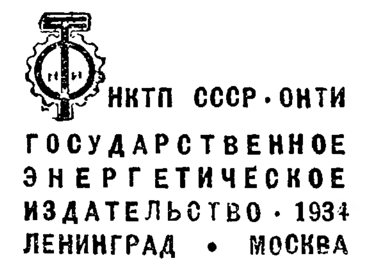


ОНТИ • ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО • 1934

Н. Н. ЗАМЯТИН

Завод „Электрик"

РЕМОНТ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА



НКТП СССР · ОНТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО · 1934
ЛЕНИНГРАД • МОСКВА

ЭЭ—20—3—3
ТКК № 28 от 10/III-34 г. Цена 1 р. 35 к

В книге указываются способы распознавания отдельных дефектов в обмотках и коллекторах и рассматриваются простейшие приспособления для изготовления обмоток и ремонта коллекторов в условиях ремонтных мастерских.

Назначение книги — дать младшему и среднему персоналу, обслуживающему машины постоянного тока, руководство по ремонту обмоток и коллекторов.

2-я тип. ОНТИ им. Евг. Соколовой. Ленинград, пр Кр. Командиров, 29.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Электрические машины получили громадное распространение во всех отраслях промышленности, а между тем почти полностью отсутствуют специальные ремонтные мастерские, могущие производить быстрый и доброкачественный ремонт электрических двигателей. В виду этого большинство заводов и фабрик выполняет ремонт своими силами, в кустарных мастерских непосредственно на предприятиях. Однако эти мастерские, в виду недостатка специалистов необходимой квалификации, не удовлетворяют предъявляемым требованиям в отношении сроков и качества ремонта. Помочь монтерам, занятым ремонтом электрических машин, и имеет целью настоящая книга.

Книга посвящена исключительно ремонту обмоток и коллекторов нормальных машин постоянного тока, причем рассматривается только практическая сторона ремонта.

Ограниченный объем книги заставил отказаться от изложения теоретической части, посвященной описанию обмоток якорей машин постоянного тока. По той же причине в книге не рассматривается изготовление коллекторов заново (это редко имеет место при ремонте), изготовление уравнительных соединений, изготовление катушек добавочных полюсов, намотанных на ребро, и изготовление обмоток после перерасчета.

Перерасчету обмоток автор сознательно не уделил места в книге, рассматривая этот вопрос как отдельную тему, рассчитанную на более подготовленного читателя.

Автор выражает благодарность всем товарищам, оказавшим содействие при составлении книги, особенно Б. Г. Кубареву, принявшему весьма активное участие в составлении главы, посвященной ручным обмоткам.

Автор.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ГЛАВА I.

МАТЕРИАЛЫ, УПОТРЕБЛЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН.

1. ПРОВОДНИКОВАЯ МЕДЬ.

а) Общее понятие о проводниковой меди.

В качестве материала, пригодного для изготовления обмоток электрических машин, употребляется почти исключительно электролитическая медь. Употребление других материалов, например алюминия, имеет место при изготовлении обмоток крупных машин (турбогенераторов), но применение их для обмоток нормальных машин средней мощности до сих пор слабо распространено.

Медь, добытая электролитическим путем, является лучшей по качеству, так как содержание примесей в ней не более 0,08—0,07%. Что касается обыкновенной, так называемой черной, меди, то она содержит обычно многочисленные примеси в виде сурьмы, железа, никеля, висмута, серы и т. д., что сильно ухудшает ее проводимость, увеличивает хрупкость и делает ее непригодной для изготовления проводов.

Проводники изготовляются путем прокатки и дальнейшей протяжки до получения требуемого диаметра. В виду того, что обмоточная проволока должна легко принимать соответствующую форму, протянутая проволока перед изолировкой отжигается, что делает ее более мягкой, увеличивает на 2—3% проводимость и повышает на 10—35% удлинение при разрыве. Исключение в этом случае представляет обмоточная медь диаметром ниже 0,3 *мм*, так как гибкость ее вполне достаточна, а при отжиге она повреждается.

Удельный вес электролитической проводниковой меди — 8,85—9,0. Сопротивление технической отожженной проводниковой меди, согласно ОСТ 420, равно 17,48 ома на 1 *км* длины при сечении 1 *мм*^{2} и температуре 20° Ц. Это сопротивление является максимальным для проводниковой меди.

Что же касается среднего удельного сопротивления техни-

ческой проводниковой меди, то оно бывает обычно ниже и равняется примерно 17,3 ома при 20° Ц.

б) Форма, изоляция и размеры проводниковой меди.

При сечении проводника до 10 *мм*², т. е. при диаметре его до 3,5—4 *мм*, употребляется круглый проводник. При более крупном сечении избегают применения круглого проводника, так как при таком проводнике невозможно хорошо использовать место в пазу.

При больших сечениях употребляют прямоугольный проводник. Применение его позволяет хорошо использовать сечение паза, и изготовление обмоток из такого проводника гораздо проще, чем из круглого такого же сечения.

Встречаются обмотки, выполненные с помощью специального многожильного кабеля, сплетенного из отдельных проводников малого диаметра. Такой проводник, называемый литцей, имеет обычно прямоугольную форму и обладает большой гибкостью.

Что касается применения литцы, то оно ограничивается обмотками электрических машин переменного тока. Обмотки же якорей и магнитных катушек в машинах постоянного тока выполняются, в зависимости от мощности, либо из круглой, либо из меди прямого сечения.

Размеры обмоточной меди и вес ее в СССР стандартизированы.

В конце книги помещен ОСТ 4123, где в табл. 1—4 даны размеры, вес, допуски и пр. на обмоточную медь.

Изоляция круглых проводников достигается путем эмалировки и обмотки проводника одним или несколькими слоями бумажной или шелковой пряжи.

Согласно общесоюзному стандарту, изоляция обмоточной меди подразделяется на следующие группы: 1) эмалевая изоляция, 2) хлопчатобумажная изоляция, 3) шелковая изоляция, 4) изоляция, состоящая из кабельной бумаги, и 5) асбестовая изоляция.

Для нормальных машин постоянного тока применяются исключительно первые три группы изоляций, каждая из которых имеет свои подразделения: например, хлопчатобумажная изоляция применяется в виде ординарной (ПБО), двойной (ПБД), тройной (ПБТ) обмотки, а также и в соединении обмотки с оплеткой; то же относится и к шелковой изоляции; в эмалевой применяется сочетание с бумажной или шелковой оплеткой.

Основные требования, предъявляемые к изоляции проводников, сводятся к следующему. Она должна быть достаточно

тонкой и эластичной и вместе с тем плотной и прочной. Слой изоляции должен быть однороден по всей длине проводника; на нем не должно быть узлов, пропусков, просветов и тому подобных дефектов. Помимо этого изоляция проводника должна обладать достаточной диэлектрической прочностью, не понижающейся при действии до температуры 100—120° Ц.

Наиболее распространенной для обмоточной проволоки является хлопчатобумажная изоляция. Она обладает довольно высокой механической прочностью, хорошо прилегает к проводнику и хорошо пропитывается.

Проводник, обмотанный одним слоем пряжи (ПБО), часто применяется для намотки магнитных катушек; толщина изоляции его колеблется от 0,055, до 0,08 *мм* на сторону.

В тех случаях, когда требуется большая механическая и электрическая прочность, применяют двойную бумажную обмотку (ПБД). Эта марка получила очень широкое распространение в качестве материала для изготовления обмоток якорей и катушек. Толщина изоляции на сторону здесь равна 0,10—0,125 *мм*. Что касается марок ПБТ, ПБОО и ПБДО, то они применяются очень редко, главным образом для прямоугольной меди, идущей на обмотку крупных машин.

Шелковая изоляция применяется только в тех случаях, когда желательно иметь наименьшую толщину изоляции. Такое преимущество имеет значение только для тонкой проволоки диаметром 0,1—0,7 *мм*, поэтому в настоящее время проводники с шелковой изоляцией изготовляются только до диаметра 0,7 *мм*.

Шелковая изоляция хуже хлопчатобумажной в механическом отношении: она легко обдирается, рвется и дает больше просветов. Способность поглощать влагу у нее не меньше, чем у хлопчатобумажной, но она хуже пропитывается; непропитанная же шелковая изоляция, будучи помещена во влажную атмосферу, лучше сохраняет свои изолирующие свойства.

Эмалевая изоляция проводника за последнее время получает все большее распространение. Основным достоинством ее является весьма высокая диэлектрическая прочность целого (неповрежденного) слоя наряду с весьма малой толщиной. Помимо этого эмалевая изоляция хорошо проводит тепло, негигроскопична по сравнению с хлопчатобумажной и шелковой пряжами и лучше противостоит температурным воздействиям.

Следует, однако, отметить, что на слое эмали почти всегда имеются отдельные весьма мелкие повреждения — просветы, наличие которых очень неблагоприятно действует на качество изоляции и влагостойкость. Пропитка изготовленных кату-

шек специальными лаками в этих случаях служит известной защитой.

Толщина эмалевой изоляции по ОСТ равна 0,0075—0,03 *мм* на сторону, она, грубо говоря, вдвое меньше, чем у ПБО. При диаметре проволоки 0,45 *мм* на катушки можно поместить эмалированной проволоки примерно на 25% больше, чем ПБО. Однако по мере увеличения диаметра это весьма существенное преимущество становится менее заметным.

Как уже говорилось, эмаль хорошо противостоит температурным воздействиям, без ущерба выдерживая нагрев до 150—160° Ц; но при понижении температуры ниже 15° Ц она становится хрупкой, поэтому в случае доставки эмалированной проволоки из холодного помещения ее необходимо перед пуском в работу нагреть до температуры не ниже 15° Ц.

С течением времени физические свойства эмали меняются — она стареет и становится хрупкой.

Для обмоток якорей эмалированная проволока применяется в очень редких случаях; чаще употребляют ее для намотки шунтовых катушек мелких двигателей.

В тех случаях, когда желают сочетать хорошие свойства эмали с большей стойкостью против изгибов и ударов, применяют комбинированную изоляцию — эмаль с ординарной или двойной шелковой или бумажной изоляцией (ПЭШО. ПЭБО, ПЭШД и ПЭБД). Такой проводник применяется для намотки как катушек, так и якорей мелких машин.

в) Дефекты обмоточной меди.

Дефекты обмоточной меди зачастую являются следствием неправильного обращения с проводником и небрежного хранения его.

Проводники с ординарной обмоткой, шелковой или бумажной, как известно, обладают способностью легко получать повреждения изоляции при ударах, перегибах и т. п. Проводники с двойной обмоткой менее склонны к такого рода повреждениям. Что же касается проводников, имеющих оплетку поверх обмотки, то они также редко повреждаются.

К дефектам изоляции следует отнести также несоответствующую толщину изоляции. Если толщина ее больше нормальной, то это может послужить причиной невозможности уложить нужное число витков в пазу. Особое значение этот дефект имеет при диаметре до 0,5—0,6 *мм*; при бóльших размерах проводника значение его становится меньшим.

Эмалевая изоляция может быть слишком хрупкой в ре-

зультате воздействия на нее температуры и времени. Хрупкая изоляция отлетает от проводника при перегибах и легких ударах.

Проводники в 0,05—0,25 *мм* диаметром могут иметь весьма неприятный дефект — обрыв жилы под изоляцией. Этот дефект во время намотки может остаться незамеченным.

Прямоугольные изолированные или голые проводники обычно страдают наличием заусенцев, острых ребер, пленок, что ведет к повреждениям изоляции при намотке.

Довольно редким дефектом является чрезмерная хрупкость меди, например вследствие плохого отжига, а также вследствие химических примесей. Этот дефект особенно бывает заметен у прямоугольной меди при изгибе ее на ребро: медь лопается.

2. ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

а) Общие сведения.

Для изоляции обмоток в процессе их изготовления применяют довольно большое количество разнообразных по качеству изоляционных материалов. Выбор их зависит от назначения и расчетных данных машины.

Качество изоляционного материала оказывает решающее влияние на продолжительность срока службы машины.

В зависимости от рода изоляции обмоток при работе машины допускаются различные температуры нагрева. Из этих соображений вся изоляция делится на четыре класса: «О», «А», «В» и «С». Ниже приведена таблица, классифицирующая изоляционные материалы (табл. 1).

б) Хлопчатобумажная изоляция.

Хлопчатобумажная изоляция применяется весьма широко в виде оплетки проводника (см. выше), а также в виде миткалевой, тафтяной, батистовой и киперной ленты, полотна и т. п.

Существенным недостатком хлопчатобумажной изоляции является ее способность впитывать влагу, благодаря чему изоляционные качества ее сильно понижаются. Употребляемая хлопчатобумажная изоляция обычно подвергается пропитке лаками, и в зависимости от лаковой пленки электрические качества ее улучшаются, а гигроскопичность понижается.

Широкое распространение получили пропитанные ткани,

Таблица 1. **Классификация изолирующих материалов, применяемых в обмотках электрических машин в общих случаях.**

(Данные заимствованы из „Электротехнических правил и норм", изд. 1931 г.)

№ по пор.	Класс изоляции	Материалы	Наибольшие наблюдаемые температуры в °Ц	Наибольшие превышения температуры в °Ц	Метод измерения
1.	„О"	Хлопок, шелк, бумага и тому подобные органические материалы, если они не пропитаны и не погружены в масло . .	80	45	Метод сопротивления с проверкой по методу термометра.
2	„А"	Хлопок, шелк, бумага и тому подобные органические материалы, если они пропитаны или погружены в масло, а также всевозможные эмали	95	60	
3	„В"	Слюда, асбест и подобные неорганические материалы в соединении с цементирующими веществами. Если совместно с изоляцией класса „В" применяются в небольших количествах и исключительно по соображениям конструктивным материалы класса „А", то такой комбинированный материал может быть трактуем как материал класса „В" при условии, что электрические и механические свойства изолированной детали не ухудшаются при температурах, допускаемых для материалов класса „В". (Слово „ухудшаться" применено здесь в смысле появления каких-либо			

№ по пор.	Класс изоляции	Материалы	Наибольшие наблюдаемые температуры в °Ц	Наибольшие превышения температуры в °Ц	Метод измерения
4	„С"	изменений, которые могут понизить изолирующие свойства материала при продолжительной службе.) . . .	115	80	Метод сопротивления с проверкой по методу термометра.
		Слюда без цементирующих веществ, фарфор, кварц и другие подобные материалы .	Пока не фиксированы.		

Примечание. Изоляция считается «пропитанной», если надлежащий состав замещает воздух между ее волокнами, причем даже тогда, когда этот состав не полностью заполняет промежутки между изолируемыми проводниками. Для того чтобы пропитывающий состав мог считаться надлежащим, он должен обладать хорошими изолирующими свойствами; должен целиком покрывать волокна, плотно соединять их друг с другом и с проводником; не должен иметь внутри себя пустот от испарения раствора или других причин; не должен становиться текучим при предельной допустимой температуре; не должен разрушаться при продолжительном нагреве.

известные под названием эксцельсиор, кембрик, английское полотно и т. п.

Эксцельсиором называют хлопчатобумажную ткань (обычно батист), пропитанную специальным лаком, в состав которого входит льняное масло. Эксцельсиор очень эластичен, выдерживает высокое напряжение (при толщине 0,2—0,25 *мм* в среднем 5—7kV) [1], мало гигроскопичен, но при повышении температуры сверх 100° Ц со временем становится очень хрупким и теряет свои изоляционные свойства. Эксцельсиор изготовляется у нас в виде полотнищ, смотанных в рулон. Ленту из такого полотнища следует резать не параллельно основе ткани, а под углом в 30—45°. Такая лента эластичнее.

Кембрик является одним из лучших сортов эксцельсиора, изготовляемого из коленкора. Лучшие сорта кембрика при толщине 0,2 *мм* выдерживают напряжение до 11—12 kV.

[1] Киловольт.

Английское полотно представляет собой полотно наилучшего качества, пропитанное льняным маслом. Полотно это обладает хорошими изоляционными качествами и механической прочностью.

Величина пробойного напряжения (в вольтах) в зависимости от толщины дана в табл. 2.

Таблица 2.

Толщина *мм*	Пробойное напряжение
0,10	2 000—3 000
0,15	3 000—6 000
0,20	6 000—7 000
0,25	6 000—8 000

При ремонте следует применять хлопчатобумажную изоляцию только в предварительно пропитанном виде, так как самая лучшая ткань, не пропитанная лаком, является плохим изоляционным материалом.

Шелковые ткань и лента применяются также в качестве изолирующего материала. В непропитанном виде шелковая ткань почти не употребляется, за исключением редких случаев изолировки пазовых частей секций.

в) Бумажная изоляция.

Бумажная изоляция имеет также весьма широкое распространение. Материалом для ее изготовления служит ряд различных волокнистых веществ. В состав бумаги входит в большом количестве целлюлоза, что делает ее гигроскопичной, и это является крупным недостатком бумажной изоляции.

При выполнении обмоток широкое распространение имеют следующие сорта бумажной изоляции.

Прессшпан — специальный прессованный картон, имеющий глянцовитую поверхность и обладающий большой однородностью и довольно хорошей механической и электрической прочностью. Прессшпан изготовляется у нас на Суражской фабрике «Пролетарий» в виде листов и рулонов толщиною от 0,1 до 5 *мм*.

Ниже приведена таблица (табл. 3) пробойного напряжения для мягкого прессшпана, обычно употребляемого для изоляции обмоток нормальных машин.

Таблица 3. **Пробойное напряжение для мягкого прессшпана.**

Толщина	Пробойное напряжение в вольтах	
мм	Листовой прессшпан	Рольный прессшпан
0,1	—	1 350
0,15	1 500	2 000
0,[illegible]	2 000	2 600
0,3	3 000	4 000
0,5	5 000	6 800
0,7	7 000	—
1,0	10 000	—
1,5	15 000	—
2,0	20 000	—

В таблице указано наименьшее пробойное напряжение согласно общесоюзному стандарту.

Прессшпан, проваренный в масле, значительно менее гигроскопичен, а при перегреве сильно ухудшает свою электрическую прочность.

Антивольтоном называют прессшпан черного цвета повышенного качества, менее гигроскопичный, чем нормальный прессшпан.

Латероид — серый прессшпан, сильно спрессованный, крепкий в электрическом и особенно в механическом отношении.

Японская бумага в сухом виде представляет собой отличную изоляцию. Пропитанная изоляционным лаком, она при толщине 0,15 *мм* выдерживает напряжение в 2500 V. Обладает весьма большой механической прочностью. Электрическая крепость бумаги при повышенной температуре понижается, что делает ее не всегда применимой.

г) Слюдяная изоляция.

Слюдяная изоляция является одним из лучших изоляторов и применяется для изоляции обмотки от железа, коллекторов и коллекторных пластин. Она не гигроскопична и без вреда может выдерживать высокие нагревы. В чистом виде слюда для изоляции машин не применяется, а применяется в виде склеенных отдельных чешуек толщиной от 0,01 до 0,05 *мм*.

Миканит изготовляется в виде листов различной толщины и представляет собой склеенные каким-либо лаком (обычно

Таблица 4. **Основные данные наиболее употребительных изолирующих материалов.**

(Данные заимствованы из курса проф. В. А. Толвинского „Электрические машины постоянного тока“.)

№ по порядку	Наименование изолирующего материала	Электрическая прочность в вольтах на 1 *мм* толщины при 50 Hz [1]	Гигроскопичен или нет	Теплопроводность при 20° Ц в калориях $\times 10^{-4}$	Сопротивляемость окислению и стойкость во времени
1	Хлопчатобумажная пряжа без пропитки . . .	3 000— 5 000	Да	2,5	Со временем становятся хрупкими (1—6)
2	То же пропитанная	5 000—20 000	„	5,0	
3	Пропитанная лента	5 000—10 000	„	3,5	
4	Эксцельсиор . .	10 000—20 000	„	6,0	
5	Прессшпан . . .	5 000—10 000	„	4,0	
6	Латероид	5 000—10 000	„	5,0	
7	Слюда	15 000—40 000	Нет	8,7	Очень хорошая (7—8)
8	Миканит	15 000—40 000	„	2,9	
9	Шеллак при 28° Ц	5 000—20 000	Да, если не стекловидн.	—	—
10	Бакелит	20 000—25 000	Нет	6,0	Очень хорошая
11	Эбонит	10 000—30 000	В слабой степени	4,0	Портится на свету
12	Фибра	1 000—10 000	Да	5,0	Со временем становится хрупкой
13	Дерево, проваренное в масле	2 000— 8 000	„	4,0	Хорошая

шеллаком) чешуйки слюды. Миканит не содержит бумаги.

Гибкий миканит изготовляется в листах толщиной 0,15—3 *мм*. При толщине до 0,25 *мм* он обладает достаточной гибкостью в холодном виде; при большей толщине для получения гибкости требует нагрева до 110—115° Ц. Применяется для изготовления пазовой изоляции, коллекторных манжет и тому подобных фасонных изделий. Содержит до 15% шеллака.

Жесткий миканит содержит меньше связующего вещества (шеллак). Применяется для всевозможных прокладок, шайб, втулок и т. п.

[1] Герц — единица частоты; 1 Hz = 1 пер/сек.

Мегомит (коллекторный миканит) содержит не более 5% связующего лака и имеет калиброванную толщину. Применяется для изолировки коллекторных пластин друг от друга.

Микафолий то же, что и гибкий миканит, но имеет бумажную подклейку. Применяется для опрессовки пазовых частей секций.

Микалента, миканитовое полотно и т. п. являются тканью с наклеенными пластинками слюды. Применяются для изолировки секций.

Пробивная прочность для миканита при толщине 0,2—0,3 *мм* равна 5000—7000 V,[1] для миканитовой бумаги при толщине 0,15 *мм* — до 5000 V, для миканитового полотна при толщине 0,2—0,3 *мм* до 5000 V.

Сводная таблица основных данных изолирующих материалов приводится в табл. 4.

ГЛАВА II.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТНОГО ЯКОРЯ И УСТРАНЕНИЕ МЕЛКИХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ.

3. ВВЕДЕНИЕ.

Каждый якорь, доставленный в ремонтную мастерскую для исправления, рекомендуется проверить, прежде чем приступить к устранению дефекта. Эта проверка необходима потому, что зачастую первоначальное заключение о дефекте бывает неверным, так как, помимо основного дефекта, обнаруженного во время работы, якорь имеет какие-либо дополнительные неисправности.

Кроме того, как мы увидим ниже, благодаря проверке в ремонтной мастерской всегда имеется возможность более точно отыскать самое место неисправности.

Далее мы рассмотрим оборудование, которое необходимо для проверки обмоток в ремонтной мастерской. Нет нужды доказывать необходимость наличия такого оборудования. Ремонт электрической машины, исправление и изготовление обмоток требуют неослабного контроля в процессе работы.

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОБМОТОК ЯКОРЯ.

а) Общие соображения.

Для проверки якорных обмоток необходимо иметь в своем распоряжении как постоянный, так и переменный ток. Если

[1] Вольт.

вообще имеется сеть постоянного тока, то можно воспользоваться током от сети; если же постоянного тока не имеется, то необходима установка агрегата из динамомашины постоянного тока и соответствующего двигателя переменного тока. Применение аккумуляторной батареи здесь менее желательно, так как напряжение ее незначительно, сила тока также, а сама батарея требует ухода и зарядки.

Сила тока, необходимого для проверки якорной обмотки, зависит от силы тока машины, якорь которой проверяется. При наличии прибора достаточной чувствительности можно пропускать через проверяемый якорь примерно 5—10% нормального рабочего тока.

При проверке сила тока устанавливается с помощью соответствующих регулируемых сопротивлений. Для проверки якорей средней мощности (до 10—150 kW) обычно бывает достаточно иметь в проверяемой цепи силу тока до 30—40 A[1]. Что касается напряжения, то здесь вполне достаточным является напряжение 110 V, которое во многих случаях приходится еще понижать реостатом.

Переменный ток также необходим для проверки. С помощью переменного тока очень удобно производить проверку на «витковое»; кроме того переменный ток необходим для питания первичной обмотки испытательного трансформатора.

Удобнее всего иметь специально отведенное место для проверки, в котором устанавливаются соответствующий распределительный щиток, реостаты и т. д.

Прежде чем привести схему распределительного щитка, остановимся на описании отдельных измерительных приборов и приспособлений для проверки обмоток.

б) Милливольтметр и работа с ним.

Милливольтметр является чувствительным прибором для постоянного тока, построенным по типу Депре д'Арсонваля. Эти приборы имеют равномерную шкалу. Полное отклонение стрелки прибора происходит в зависимости от типа 0,06—0,15 V. Обычно приборы эти снабжаются зеркальной шкалой, что позволяет производить отсчет с большой точностью. Милливольтметры изготовляются у нас на заводе «Электроприбор» в Ленинграде.

При отсутствии милливольтметра его можно заменить магнитно-электрическим вольтметром или амперметром, так как эти приборы по существу являются теми же милливольтмет-

---

[1] Ампер.

рами и отличаются от них только наличием добавочного сопротивления или шунта.

Приборы, устанавливаемые на щитах, менее чувствительны, но все же могут быть использованы для проверки якорей (при этом в якорь приходится давать более сильный ток, чем при применении прецезионного прибора).

Мы знаем, что обмотка якоря состоит из ряда последовательно соединенных секций, концы которых выведены к пластинам коллектора. Нам также известно, что отдельные секции должны быть вполне симметричны, иметь одинаковые сопротивления, число витков и т. д. В случае каких бы то ни было дефектов обмотки симметрия нарушается, отдельные дефектные секции будут иметь разное сопротивление, ток через них будет проходить не в том направлении или даже вовсе не будет проходить.

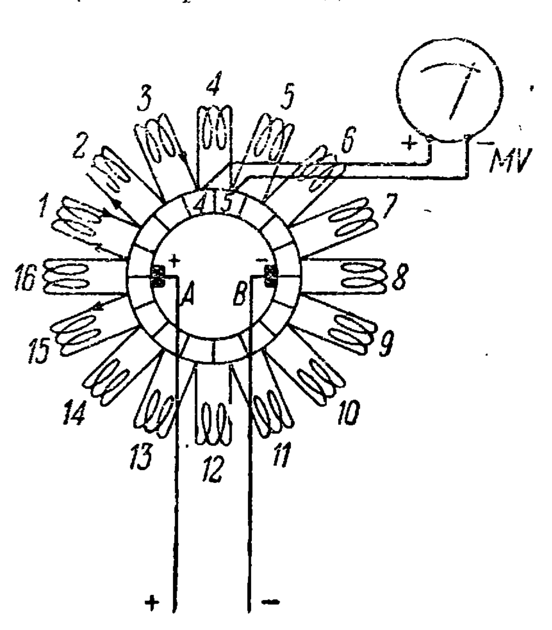


Рис. 1. Схема проверки милливольтметром.

На рис. 1 показана принципиальная схема проверки обмотки якоря милливольтметром, причем для упрощения чертежа обмотка условно показана в виде кольцевой. Пропуская постоянный ток через якорь, мы получим возможность измерить падение напряжения на концах любой секции путем присоединения милливольтметра *MV* к двум соседним пластинам (*4* и *5*), причем часть секций (*1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* и *7*) включена последовательно, а испытуемая секция присоединяется параллельно прибору.

в) Испытательный электромагнит.

В целях испытания обмотки якоря на электромашиностроительных заводах широко применяется так называемый испытательный электромагнит, или магнитный башмак, позволяющий быстро отыскать короткозамкнутую секцию. Применение такого электромагнита можно рекомендовать и крупным ремонтным мастерским.

На рис. 2а показано принципиальное устройство такого магнита. При пропускании переменного тока через катушку

электромагнита S возбуждается в сердечнике якоря переменный магнитный поток. В случае если обмотка не имеет дефектов, мы не обнаружим действия этого потока; если же какая-либо секция A, или часть ее, замкнута накоротко, в ней появится значительной силы ток, который в свою очередь создаст магнитный поток в зубцах, между которыми заложена дефектная секция. Если к этим зубцам приложить стальную пластинку B (рис. 2б), то она притянется и будет дрожать.

Иногда вместо этой пластинки пользуются телефоном (рис. 3).

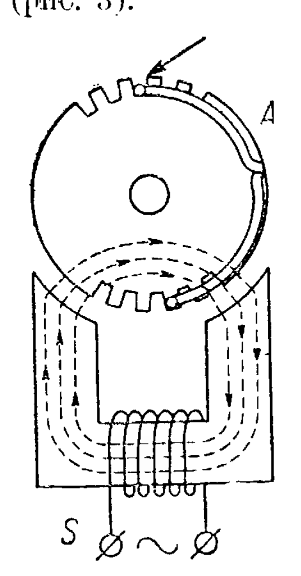


Рис. 2а. Испытательный магнит.

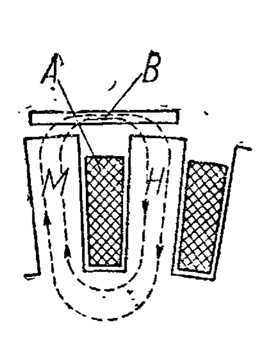


Рис. 2б. Обнаруживание замкнутых витков железной пластинкой.

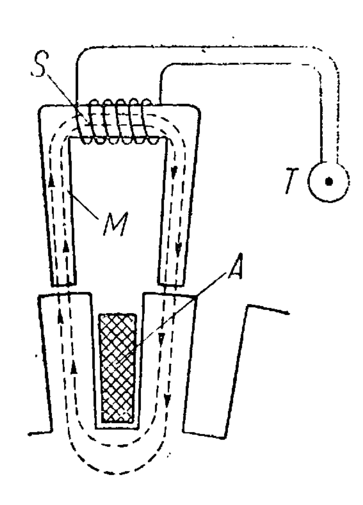


Рис. 3. Сердечник с катушкой и телефоном.

Сердечник M из отдельных листов железа имеет обмотку из тонкой проволоки 0,1—0,2 *мм* диаметром с большим числом витков (2000—3000). Концы этой обмотки присоединяются к телефону T. В случае наличия в пазу короткозамкнутого витка A магнитный поток, созданный этим витком, будет индуктировать в катушке S ток, который, проходя через телефон, вызовет в нем гудение. Этот способ проверки очень чувствителен.

При проверке на испытательном электромагните необходимо, чтобы одна из сторон проверяемой секции находилась между полюсами магнита, чтобы плоскость секции располагалась перпендикулярно магнитному потоку и чтобы магнитный поток полюса электромагнита целиком пронизывал секцию.

г) Испытательный трансформатор.

Для испытания прочности изоляции обмоток употребляется испытательный трансформатор, позволяющий плавно повышать напряжение.

Схема включения такого трансформатора T показана на рис. 4. Передвигая рукоятку потенциометра R_3, мы изменяем напряжение в первичной обмотке S_1, причем каждому показанию вольтметра V_2 в цепи низкого напряжения соответствует определенное напряжение на концах вторичной обмотки S_2.

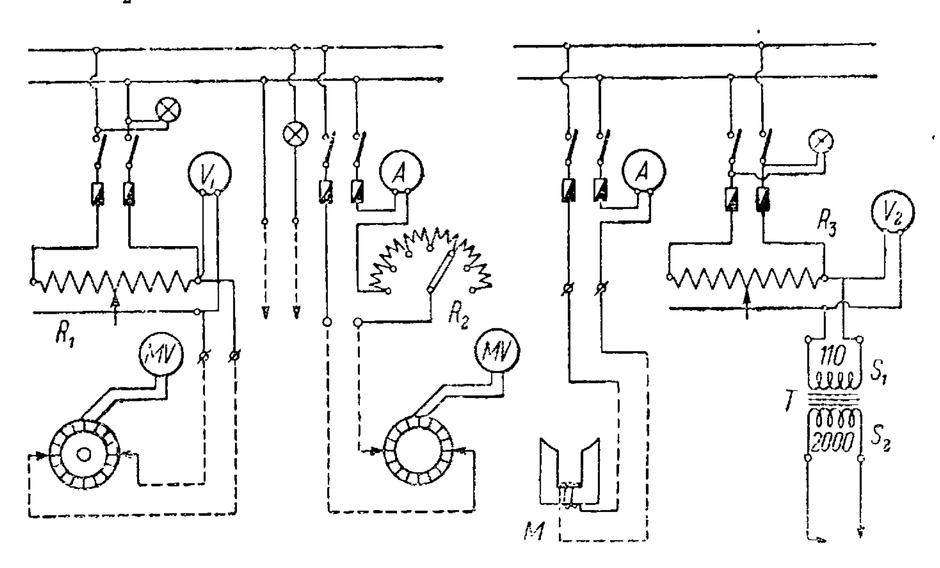


Рис. 4. Схема распределительного щитка.

С помощью такого трансформатора можно испытать прочность изоляции. По нормам, которые приведены ниже, видно, что для обмоток машин напряжением 500 V требуется испытательное напряжение 2000 V. Машины постоянного тока большого напряжения применяются только для специальных целей, так что для ремонтной мастерской достаточен трансформатор в 110/2000 V или 220/2000 V.

д) Распределительный щиток.

Для проверки обмоток в ремонтной мастерской рекомендуется иметь в отдельном месте распределительный щиток. На рис. 4 изображена одна из схем такого щитка, на котором имеется как постоянный, так и переменный ток.

Первый рубильник служит для включения потенциометра R_1, которым проверяют мелкие якори. Благодаря потенцио-

метру имеется возможность получить любое напряжение от 110 до 0 вольт, которое определяется вольтметром V_1. Сопротивление потенциометра для 110 V — порядка 110—120 ом, наибольшая сила тока — порядка 6—8 А. Для этой цели удобнее всего иметь реостат типа Рустрат со скользящим по виткам контактом.

Второй рубильник служит для той же цели включения потенциометра, но уже такого, который применяется для проверки якорей большей мощности. Здесь для получения требуемого напряжения служит реостат R_2, рассчитанный на максимальную силу тока в 30—35 А. Сопротивление такого реостата на первых контактах берется порядка 20—25 ом.

Правая часть распределительного щитка отведена переменному току. Здесь первый рубильник служит для включения испытательного электромагнита M, а второй — для включения испытательного трансформатора T (см. выше). При включении рубильника загорается сигнальная красная лампочка, свидетельствующая о наличии напряжения на зажимах трансформатора.

Приведенная схема не исчерпывает всех возможностей, однако позволяет производить проверку обмоток всех видов машин средней мощности.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОДА ОБМОТКИ ЯКОРЯ.

Для выявления дефектов обмотки почти всегда необходимо заранее знать, с какой обмоткой приходится иметь дело. В зависимости от рода обмотки следует выбирать напряжение и силу тока при проверке милливольтметром; кроме того, как мы увидим дальше, приключение концов к коллектору при проверке должно производиться различно для петлевой и волновой обмоток.

Во многих случаях путем наружного осмотра можно установить, имеем ли мы дело с петлевой или волновой обмоткой. Например, если мы имеем якорь двухполюсной машины (что можно видеть из шага по пазам), то здесь возможна только параллельная (петлевая) обмотка. Если обмотка сделана из стержней, то по форме стержней всегда можно судить о характере обмотки. Если же якорь имеет проволочную обмотку, то следует определить направление выводных концов, идущих к коллектору, так как якорная катушка при волновой обмотке может иметь форму петлевой и лишь концы ее будут отведены от пазов в стороны.

Иногда концы, подходящие к коллектору, бывают закрыты, так что нельзя выявить род обмотки путем наружного осмо-

тра. В этом случае следует поступать следующим образом: к коллектору в двух местах, примерно на расстоянии 0,2—0,25 окружности, присоединяются (привязываются) два проводника *A* и *B* (рис. 5), после чего в якорь дают ток через реостат или потенциометр (рис. 4) и милливольтметром измеряют напряжение на каких-либо двух пластинах на участке *AB*.

Получив определенное отклонение стрелки прибора, величину которого можно увеличить или уменьшить с помощью реостата или потенциометра, не отделяя конца *A* от коллектора и продолжая касаться вилкой от милливольтметра тех же коллекторных пластин, медленно передвигают второй конец *B* в направлении стрелки (рис. 5). При этом расстояние *l* между концами *A* и *B* постепенно увеличивается.

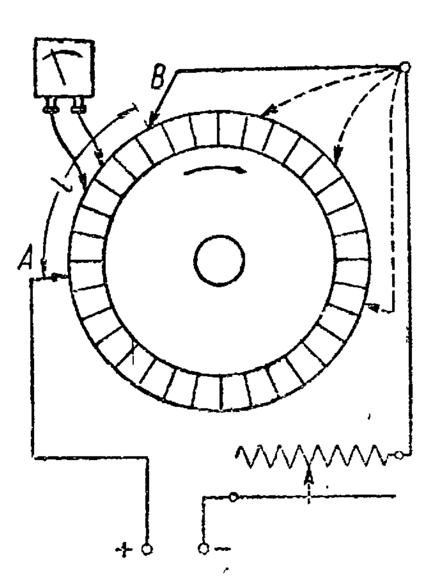


Рис. 5. Определение рода обмотки.

Если мы имеем дело с петлевой обмоткой, то отклонение стрелки милливольтметра все время будет в одну сторону, но будет постепенно уменьшаться.

Если же обмотка волновая, то в известный момент, когда передвигаемый конец *B* минует шаг по коллектору, показание прибора изменится: стрелка будет отклоняться в другую сторону, так как полярность пластин коллектора, к которым присоединен милливольтметр, изменится.

Для четырехполюсной волновой обмотки это изменение произойдет после того, как конец *B* минует примерно половину пластин, для шестиполюсной — после $^1/_3$ и т. д. Этим изменением можно грубо определить шаг по коллектору, а также установить, имеем ли мы дело с четырех-, шести- или восьмиполюсной и т. д. обмоткой.

Параллельная обмотка многополюсных машин часто имеет уравнительные соединения. При проверке по схеме рис. 5 такая обмотка обнаружится тем, что по мере передвигания проводника *B* по коллектору показания милливольтметра будут то уменьшаться, то снова возрастать и в некотором положении проводников *A* и *B* будут равны нулю. Однако отклонение стрелки будет все же в одну сторону.

6. ДЕФЕКТЫ ОБМОТКИ ЯКОРЯ.

а) Общие соображения.

В обмотке якоря при работе возможны следующие повреждения:

1) повреждение изоляции между отдельными элементами обмотки и железом якоря, известное на практике под термином «сообщение с корпусом»;

2) повреждение изоляции между отдельными витками, так называемое «витковое»;

3) плохой контакт между проводниками якоря и коллектором и

4) обрыв в обмотке, внутри якорной катушки или у коллектора.

Рассмотрим теперь, как обнаруживаются эти дефекты в ремонтной мастерской при помощи приборов, описанных выше, а также остановимся на тех способах исправления, которые позволяют избавиться от неисправностей без перемотки якоря.

б) Сообщение с корпусом и его устранение.

Если имеется сообщение обмотки якоря с корпусом только в одном месте и сеть не заземлена, то такое повреждение не нарушит нормальной работы машины; но как только получится второе сообщение в новом месте, часть якорной обмотки окажется замкнутой накоротко и обмотка якоря настолько перегреется, что если во-время не остановить машины, изоляция сгорит.

Обнаружить сообщение на корпус можно с помощью мегометра, индуктора, гальваноскопа, вольтметра или контрольной лампочки,[1] но для ремонта важно не только установить самый факт повреждения изоляции, а точно найти место повреждения.

Существует несколько способов нахождения места корпусного соединения, причем в одном случае требуется отпайка части якорных концов от коллектора, а в другом случае можно обойтись без этого.

При петлевой обмотке найти место соединения на корпус несколько легче, чем при волновой. На рис. 6 дана схема для нахождения места соединения на корпус с помощью милливольтметра. Один из концов присоединяется к коллектору и от этого же конца делается ответвление, соединенное с валом; другой конец включается просто на коллектор. Расстояние между присоединенными концами у петлевой обмотки не

[1] См. книгу того же автора «Обслуживание электрических машин».

имеет значения; оно обычно берется равным примерно полюсному шагу, как видно из рис. 6. Если бы обмотка не имела соединения с корпусом, ток от полюса пошел бы следующим порядком: от пластины *в* по двум направлениям через секции *16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9* и *8* в пластину *с* и через секции *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7* к той же пластине *с*. В случае же если какая-либо пластина *а* (или секция, к ней присоединенная) имеет соединение с корпусом, то, как видно из схемы, ток от полюса пойдет по более короткому пути, а именно через корпус к пластине *а* и затем через секции *5, 6* и *7* к минусу. Таким образом секции *1, 2, 3* и *4* окажутся замкнутыми накоротко и милливольтметр на всем участке от пластины *b* до *а* не будет давать отклонения или во всяком случае, отклонение будет во много раз меньше, чем отклонение между *а* и *с*.

Если же мы повернем коллектор в такое положение, что пластина *а* станет на место пластины *с*, то весь участок между пластинами не будет давать отклонения, так как проводники + (плюс) и — (минус) окажутся замкнутыми накоротко.

Рис. 6. Определение соединения на корпус.

Приведенная схема дает хорошие результаты при петлевой проволочной обмотке. При волновой обмотке будет несколько пластин (соответственно числу пар полюсов), на которых будут наблюдаться вышеуказанные явления.

Недостатком данного способа проверки соединения на корпус является то, что в виду малого напряжения между пластинами здесь можно обнаружить сообщение только в том случае, если оно имеет непосредственный и хороший электрический контакт. Очень часто бывают плохие контакты в месте сообщения на корпус, которые обнаруживаются только при полном рабочем напряжении.

Наиболее часто соединение на корпус бывает в месте выхода катушки из паза; если в этом случае один из концов контрольной лампы соединить с коллектором, а другой — с корпусом, лампа будет гореть. После этого, не отъединяя

лампы, с помощью клина из фибры или твердого дерева поочередно слегка прижимают катушки в месте выхода их из паза. При этом, когда мы коснемся и будем шевелить дефектную катушку, лампа начнет мигать. Этот способ, однако, не всегда дает положительные результаты, так как если нижняя сторона катушки имеет хороший контакт с корпусом, то при такой проверке его трудно обнаружить. Другой недостаток этого способа тот, что можно повредить изоляцию исправных катушек.

Если вышеуказанный способ не дает результатов, то для отыскания места соединения с корпусом включают якорь на нормальное напряжение через несколько параллельно включенных ламп или реостат для ограничения силы тока. Прохождение через место соединения тока вызовет образование на этом месте маленькой дуги и дыма и тем самым укажет место повреждения.

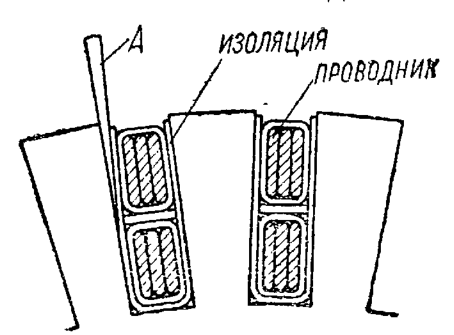


Рис. 7. Восстановление изоляции.

Иногда для этой цели применяют и повышенное напряжение (от трансформатора для испытания изоляции).

Если при помощи вышеприведенных способов не удается обнаружить место соединения, следует отпаять проводники от коллектора, что и даст возможность быстро обнаружить место соединения и, кроме того, позволит выяснить, обмотка или коллектор имеют этот дефект.

Отсоединять можно только верхние (т. е. находящиеся в шлице коллекторной пластины сверху) концы секций, причем в случае петлевой обмотки для быстрого отыскания места повреждения поступают следующим образом: сначала поднимают один или два конца на диаметрально противоположных пластинах и таким образом разбивают обмотку на две части. После этого контрольной лампой или мегометром проверяют, какая из половин имеет соединение на корпус, и эту половину в свою очередь разделяют на две части, подняв конец в пластине. Затем оставшуюся часть делят еще пополам и т. д. до тех пор, пока не будет найдена секция или коллекторная пластина, соединенная с корпусом.

При волновой обмотке приходится отпаивать все верхние концы и потом с помощью контрольной лампы определять место сообщения.

Отпаянные на время проверки проводники следует по-

мечать или располагать в определенном порядке, чтобы впоследствии не было сомнения относительно их положения в соответствующих пластинах.

Как уже было упомянуто, чаще всего повреждение изоляции бывает в месте выхода катушки из паза. Если это имеет место у якорей с ручной обмоткой, то здесь исправление без перемотки невозможно; если же обмотка шаблонная, то во многих случаях возможно восстановить изоляцию отдельной катушки.

При повреждении восстановить изоляцию верхней катушки значительно проще, чем изоляцию нижней катушки. Для этого с помощью твердого фибрового клина *А* и молотка слегка отгибают в сторону зубцы якоря у места повреждения и в полученную таким образом щель вставляют кусок чистой слюды (рис. 7). После этого с помощью того же клина подают зубец на место, обрезают слюду заподлицо с железом и покрывают дефектное место шеллаком.

При исправлении по этому способу следует отгибать железо зубца очень осторожно: в противном случае можно повредить изоляцию катушки, находящуюся в соседнем пазу.

Более надежный способ исправления требует переизолировки поврежденной катушки. Для этого острым зубилом срубают замки бандажей якоря, после чего сматывают бандажную проволоку и поднимают с помощью клина поврежденную катушку из паза. Затем снимают изоляцию со всей пазовой части катушки и изолируют отдельные витки или стержни с помощью кусочков эксцельсиора или пропитанного полотна. При этом следует не обматывать отдельный проводник лентой, так как от этого увеличивается толщина катушки, а подкладывать кусочек эксцельсиора или промасленного полотна.

После изолировки сторону катушки следует окрасить жидким раствором шеллака или быстросохнущего лака. Если позволяет место в пазу, то желательно перед закладкой катушки заложить в паз U-образную полоску латероида или пропитанного прессшпана толщиной 0,2—0,3 *мм*. Если для этого места в пазу не имеется, необходимо все же у бывшего места повреждения между пазовой изоляцией и железом проложить кусочек слюды.

Некоторую трудность представляет закладка в паз переизолированной катушки, так как обрезанная заподлицо пазовая изоляция при этом будет стремиться сползти. Поэтому следует очень плотно изолировать катушку и покрыть ее тонким слоем парафина с той целью, чтобы она свободно от руки входила в паз.

После закладки и осаживания катушки в пазу подготовляют якорь к бандажировке (см. ниже), причем до постановки бандажей рекомендуется испытать изоляцию с помощью высокого напряжения. Это необходимо делать до бандажировки именно потому, что довольно часто после устранения одного места соединения на корпус при испытании выявляется другое такое же слабое место, требующее исправления.

После бандажировки якорь подвергается сушке и пропитке (см. ниже).

В тех случаях, когда повреждена изоляция нижней стороны катушки, задача исправления несколько усложняется, так как исправление с помощью слюдяных прокладок редко достигает цели.

Для того чтобы поднять нижнюю сторону катушки из паза и восстановить ее изоляцию, требуется поднять верхние стороны нескольких катушек. Для более легкого поднятия сторон катушек можно рекомендовать после снятия бандажей хорошо нагреть обмотку якоря в сушильном шкафу или электрическим током;[1] это сделает изоляцию более эластичной.

Таблица 5. **Испытательное напряжение для ремонтных машин с оставлением всей или части старой обмотки.**

Рабочее напряжение машины V	Испытание по окончании ремонта напряжением V	Окончательное испытание после сборки напряжением V
25— 300	1 000	500
301— 500	1 500	1 000
501— 800	2 000	1 500
801—1 600	2 500	2 500
1 601—2 500	3 500	3 000
2 501—3 000	4 000	3 500
3 001—4 000	5 000	4 500
4 001—5 000	6 500	5 500
5 001—6 600	8 000	7 000

Во многих случаях бывает целесообразно вынуть дефектную катушку и, переизолировав ее, заложить вновь.

Если обмотка имеет хорошую изоляцию, то исправление

[1] См. книгу того же автора «Обслуживание электрических машин», Энергоиздат, 1933 г.

соединения на корпус целесообразно сделать без разборки обмотки. Если же при осмотре будет замечено, что изоляция стала хрупкой или вообще повреждена, то во многих случаях более целесообразно бывает даже заменить обмотку новой.

После исправления соединения на корпус лучше всего подвергнуть изоляцию обмотки испытанию высоким напряжением.

В табл. 5 мы приводим нормы испытательного напряжения для ремонтных машин, принятые на американских заводах ДЖИИ. Это напряжение применяется в тех случаях, когда после ремонта остается нетронутой вся или часть старой обмотки.

Если сравнить приведенную таблицу с величинами испытательного напряжения для вновь изготовляемых обмоток (см. ниже), то станет очевидным, что величина испытательного напряжения для ремонтных машин берется значительно меньшей.

Испытание высоким напряжением следует производить осторожно, медленно повышая напряжение. Общее время нахождения испытуемой обмотки под напряжением не должно превышать одной минуты.

в) Соединение между витками обмотки якоря и его устранение.

Соединение между отдельными витками обмотки якоря обычно приводит к тому, что замкнутые витки, вращаясь в магнитном поле, быстро и сильно нагреваются. От чрезмерного тока сгорает изоляция обмотки и расплавляются проводники, замкнутые накоротко.

Обнаружить соединение между витками в якоре в условиях ремонтной мастерской довольно просто. При проверке милливольтметром по схеме рис. 1 показание прибора на тех пластинах, к которым присоединена секция, имеющая соединения, будет значительно ниже, чем на всех остальных пластинах.

Включение якоря для проверки производится, как указано на схеме рис. 1, причем в случае петлевой обмотки ток можно подвести к двум диаметральным пластинам; в случае же волновой обмотки ток следует подводить к любым двум пластинам, но отстающим друг от друга на расстояние не больше шага по коллектору, т. е. не более двойного полюсного деления.

Укажем только, что если отклонение прибора на двух смежных пластинах вообще мало, то его можно увеличить, сдвинув ближе подводящие ток проводники. В случае обмотки, имеющей уравнительные соединения, следует подводить ток

к двум строго определенным пластинам, а именно к тем, которые отстоят друг от друга на расстояние полюсного шага, или непосредственно присоединить к двум уравнительным кольцам.

Если замкнута часть витков секции, показания прибора будут ниже нормального, причем величина уменьшения показания будет прямо пропорциональна количеству замкнутых витков.

Это обстоятельство делает ненадежным обнаруживание замкнутых витков милливольтметром в тех случаях, когда секция якоря имеет много витков, например у мелких якорей. Действительно, если секция будет иметь 45 витков, а замкнутыми окажутся 2—3 витка, то общее сопротивление секции понизится на 4—6%, следовательно, и отклонение прибора будет всего на 4—6% меньше нормального. Такая разница в показаниях не всегда будет заметна; кроме того такое небольшое уменьшение показаний прибора может быть вызвано не только замыканием между витками, но и другими причинами, например разной длиной витков в секции, тем, что недостает 2—3 витков, тем, что проводник более толстый, и т. д.

Если же замкнута накоротко вся секция, что часто случается из-за соединения между двумя соседними коллекторными пластинами, то показания милливольтметра равны нулю, а при плохом контакте в месте замыкания показания могут быть больше нуля.

При соединении между витками или коллекторными пластинами в случае петлевой обмотки уменьшенное показание будет только на дефектных пластинах. В случае же волновой обмотки пониженное показание прибора будет в нескольких местах на расстоянии шага по коллектору, причем на замкнутых пластинах это показание будет значительно ниже, чем на других пластинах, расположенных на расстоянии коллекторного шага от дефектной пары пластин.

Другой способ обнаружения короткозамкнутых витков в секции возможен при наличии испытательного магнита. Замыкание обнаруживается планкой или телефоном (см. выше).

В случае волновой обмотки на якоре будет столько пазов, притягивающих планку или дающих звук, сколько полюсов имеет машина, а именно: 4 у четырехполюсной, 6 у шестиполюсной и т. д.

В случае проверки обмоток с уравнительными соединениями применять магнит нельзя, так как из-за уравнительных соединений исправная обмотка может вызывать те же признаки, что и замыкание; в этом случае будет характерным

симметричное расположение пазов, вызывающих звук или дрожание планки, причем пазы эти будут часто расположены по всему якорю.

В редких случаях, если изоляция не повреждена, возможно устранить соединение без перемотки и замены секции. Например, если замкнуты ламели коллектора, часто удается с помощью острого ножа или пилки устранить замыкание. В другом случае при стержневых обмотках бывает, что стержни верхнего ряда, подходящие к коллектору, замкнуты со стержнями нижнего ряда вследствие повреждения изоляции. Здесь исправление возможно после распайки и подкладки соответствующей полоски из прессшпана или миканита.

Если обнаружено, что вследствие соединения между витками повреждена одна из секций якоря с шаблонной обмоткой, то возможно заменить ее новой, оставив остальные исправные секции без переделки. Для этого отпаивают концы поврежденной секции от коллектора, и это сразу же дает возможность выяснить, что послужило причиной соединения: нарушение изоляции между витками или соединение между пластинами коллектора. После отпайки снимают бандажи и нагревают весь якорь в сушильном шкафу или электрическим током до температуры 80—100° Ц (не выше). Это необходимо для того, чтобы размягчить лаковую пленку, так как в противном случае очень трудно будет вынуть катушки из пазов, и возможно повреждение изоляции исправных секций.

Поднимать стороны катушек следует очень осторожно, особенно стороны исправных катушек, так как при неаккуратном вынимании их из паза они неизбежно повреждаются.

Удобнее всего поднимать катушки следующим образом. Сначала приподнимают верхнюю сторону из того паза, в котором лежит нижняя сторона дефектной катушки. Приподнимать следует с углов при помощи гладко отполированного фибрового и железного клина, причем клин упирается в нижнюю сторону катушки.

Из рис. 8 ясен процесс начала поднимания краев катушки. Здесь буквой *А* обозначена первая поднимаемая сторона катушки; *Б* — нижняя сторона дефектной катушки; *В* — клин и *Г* — подкладка из прессшпана, необходимая во избежание повреждения катушки. Если после того как края катушек приподняты, станет возможным от руки вынуть сторону катушки из паза, то не следует прибегать к каким-либо инструментам. В противном же случае можно прибегнуть к помощи клина, действуя при этом параллельно пазу. На рис. 9,*а* показан способ подъема стороны катушки из паза. Здесь стрелкой показано направление, в котором надо действовать кли-

новидным рычагом, постепенно продвигая его по пазу. Если же действовать клином в противоположном направлении, как указано на рис. 9, *б*, то, как видно из этого рисунка, катушка

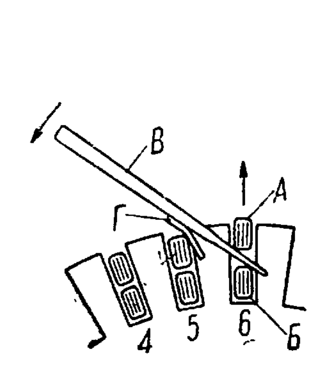


Рис. 8. Поднимание краев катушки.

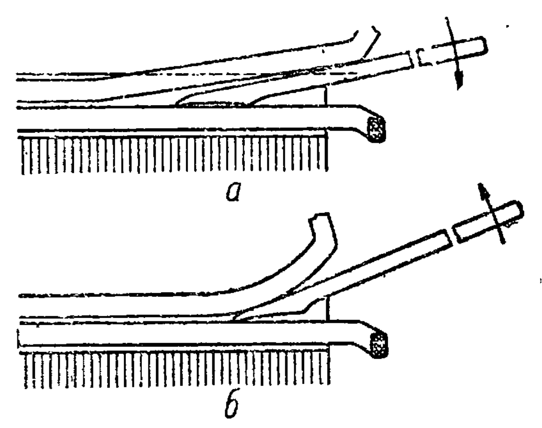


Рис. 9. Поднимание сторон катушки.

будет гнуться и изоляция ее повреждаться. Клин должен быть изготовлен из фибры или из железа, причем и в том и в другом случае он должен быть хорошо отполирован.

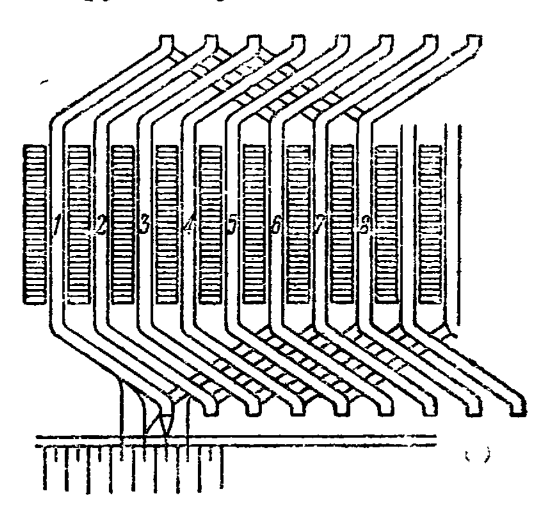


Рис. 10. Секции при петлевой обмотке.

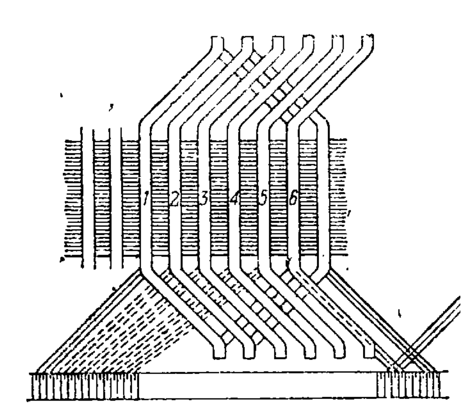


Рис. 11. Секции при волновой обмотке.

Как уже упоминалось, всю работу следует производить только с предварительно нагретым якорем.

Для удаления дефектной катушки при петлевой обмотке, помимо концов данной катушки, требуется отпаять один из верхних концов катушки, соседней с дефектной (рис. 10).

В случае же волновой обмотки, как видно из рис. 11, приходится выпаивать верхние концы всех тех секций, стороны которых необходимо поднять из паза на протяжении участка, равного примерно полюсному делению.

Для удобства закладки необходимо все поднятые концы расправлять в определенном порядке; желательно еще, помимо этого, пометить их как-либо, например цветными карандашами, а в случае волновой обмотки необходимо, после того как отпаяны верхние концы, определить шаг по коллектору. При закладке старой обмотки после ремонта, если в пазу не тесно, подкладывается дополнительная изоляция V-образного вида (рис. 12, *а*) только под верхнюю сторону катушки. В случае если нет возможности поместить эту изоляцию, на время закладки следует ставить в паз полоски из прессшпана или латероида толщиной 0,2—0,3 *мм*, как это указано на рис. 12, *б*. Перед закладкой пазовая часть катушек должна быть опрессована зажатием между двумя планками. После исправления якорь снова следует проверить, а затем уже ставить бандажи, покрывать лаком, сушить и протачивать коллектор. После всех этих операций окончательно готовый якорь необходимо еще раз проверить с помощью магнита и милливольтметра и только в случае полной исправности передавать его для сборки.

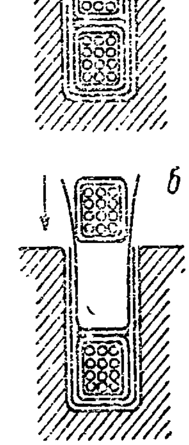


Рис. 12. Изолировка паза прокладкой.

г) Обрыв в обмотке якоря и его устранение.

Если обрыв произошел при петлевой обмотке, то подгорают пластины, к которым присоединена оборванная секция. При волновой обмотке обгорит столько пар коллекторных пластин, сколько пар полюсов имеет машина, причем обгорелые пластины будут расположены согласно шагу по коллектору, т. е. вполне симметрично.

При проверке обмотки милливольтметром в случае обрыва будет характерно то, что как только в проверяемой зоне окажется секция, имеющая обрыв, милливольтметр не даст показаний на всех пластинах, кроме тех двух, к которым присоединена оборванная секция. Что касается этих двух пластин, то здесь стрелка прибора дает резкое отклонение, могущее повредить милливольтметр. Поэтому, если подозревается этот дефект, следует при проверке давать в якорь минимальный ток.

Заметим еще, что в случае волновой обмотки будет столько дефектных мест, сколько пар полюсов имеет машина.

Во многих случаях удается устранить обрыв без перемотки якоря, так как чаще всего он бывает непосредственно у коллектора.

Для исправления следует удалить веревочный бандаж, который обычно ставится у коллектора, и, убедившись в том, что место обрыва находится непосредственно здесь, подпаять оборванный конец, снова заложив его в соответствующую пластину коллектора.

Если же обрыв произошел внутри секции, то требуется или перемотать якорь в случае ручной обмотки, или заменить дефектную катушку в случае шаблонной обмотки.

В некоторых случаях обрыв бывает вследствие распайки провода или даже стержня в месте присоединения к коллектору. Для исправления этого дефекта следует снова запаивать отпаянный проводник в его ламель.

Существует еще один способ, позволяющий восстановить работоспособность обмотки без перемотки даже в тех случаях, когда обрыв произошел внутри секции. Для этого отъединяют и изолируют от пластины дефектную секцию, а самые пластины соединяют накоротко путем запайки, расплющивания и т. п. При этом, если обмотка волновая, достаточно замкнуть накоротко любую пару пластин, имеющих пригар и дающих большое отклонение милливольтметра.

Хотя этот способ быстр и прост, назвать это «исправлением» дефекта вряд ли можно: он возможен при достаточно большом числе коллекторных пластин и допустим только в аварийных случаях.

д) Плохой контакт якорных проводников.

К дефектам обмоток якорей можно отнести еще плохой контакт якорных проводников в месте присоединения их к коллекторным пластинам.

Плохой контакт при работе машины сопровождается сильным искрением, причем те пластины коллектора, которые имеют плохой контакт, сильно пригорают, что позволяет определить место дефекта путем осмотра коллектора.

При проверке обмотки якоря милливольтметром на тех пластинах коллектора, которые имеют плохой контакт с проводниками якоря, будут несколько повышенные (против нормального) отклонения стрелки прибора.

Обычно плохой контакт бывает только у машин со стержневой обмоткой, рассчитанных на относительно большую силу

тока. У якорей с проволочной обмоткой это уже редкое явление.

Обнаруживание плохого контакта довольно затруднительно, так как оно не всегда возможно при проверке милливольтметром. Поэтому в тех случаях, когда искрение и обгоревшие пластины коллектора будут вызывать подозрение в плохой пайке, рекомендуется пропаять подозреваемые места. (Способы пайки см. ниже.)

ГЛАВА III.

РАЗБОРКА ДЕФЕКТНОЙ ОБМОТКИ ЯКОРЯ.

7. СНЯТИЕ ОСНОВНЫХ ДАННЫХ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ПЕРЕМОТКИ ЯКОРЯ.

а) Общие сведения.

Для выполнения обмотки якоря необходимо иметь определенные данные. На электромашиностроительных заводах эти данные даются в цех в виде схем и чертежей.

В условиях ремонта расчетных данных и чертежей не имеется. Поэтому ремонт и изготовление обмотки вновь, как правило, ведутся по старым данным, которые определяются при разборке обмотки.

Данные, которые необходимо иметь при намотке якоря, следующие:

1) род обмотки (петлевая или волновая);
2) число пазов;
3) число коллекторных пластин;
4) число проводников в пазу;
5) число сторон секций в пазу;
6) число витков в секции;
7) число секций в якорной катушке;
8) размеры голого и изолированного проводника и его изоляция (марка);
9) шаг по пазам;
10) шаг по коллектору;
11) вес проводника;
12) «занос» концов.

Кроме этого надо посмотреть, как изолирована обмотка в пазу и на лобовых частях, как расположены бандажи, сколько витков имеют они и каков диаметр их проволоки. Если обмотка имеет уравнительные соединения, то необходимо иметь такие данные:

1) количество уравнительных соединений;
2) шаг по пластинам;

3) схему уравнительных соединений;
4) размеры проводника.

Число пазов и число коллекторных пластин можно определить непосредственно до разборки якоря. Тогда же следует определить количество бандажей, их расположение и число витков, длину лобовых и пазовых частей обмотки и зарисовать все в виде эскиза.

После этого можно приступить к разборке, причем в первую очередь следует снять бандажи и вынуть из пазов клинья. Когда сняты бандажи и изоляция, под них подложенная, можно почти во всех случаях определить, с какой обмоткой — петлевой или волновой — имеем дело. Это определяется путем осмотра закладки концов и формы катушек, причем следует помнить, что форма катушек для той и другой обмотки может быть одинакова, а разница будет заключаться только в расположении концов секций по отношению к пазовым частям.

б) Определение шага обмотки.

После снятия предварительных данных обмотки якоря можно распаять концы у коллектора с целью определения шага по коллектору. Если обмотка волновая, то распаивают по нескольку концов (2—3) в соответствии с шагом. Пометив одну какую-либо из верхних сторон катушки, например, красным карандашом, замечают зубцы якоря, между которыми она находится, и определяют, в какой ламели лежат ее верхние концы, и эти ламели помечают с торца керном или насечкой. Затем определяют с помощью пробной лампы, в каких ламелях лежат концы секций данной катушки, для чего прикасаются одним концом от лампы поочередно к поднятым концам, а вторым проводят по коллектору на расстоянии примерно двойного полюсного деления.

Здесь следует предупредить, что подобному определению шага не всегда можно доверять, так как дефектная обмотка может иметь замыкание между витками, что даст контакт между отдельными секциями, и лампа таким образом будет гореть на нескольких пластинах.

Для уверенности следует делать определение шага по коллектору, проверив несколько секций. Затем помечают ламели коллектора и концы секций, для того чтобы было известно, какой из концов секций лежал в данной ламели. После того как все верхние стороны будут подняты и часть катушек вынута, можно проверить, в каких ламелях лежат другие (нижние) концы замеченной катушки.

При определении шага по коллектору следует определить

взаимное положение сторон катушки и ламелей коллектора, к которым присоединены концы данной катушки, так называемый «занос». Для этого отмечают керном те два зубца, между которыми лежат стороны помеченной катушки, помечают с торца, как указывалось выше, ламели коллектора, в которых заложены верхние концы данной катушки. Можно также поступить следующим образом: проведя прямую линию от замеченного паза (рис. 13), помечают коллекторную пластину, находящуюся на этой линии (или две соседние ламели, если на линии придется изоляция), и затем отсчитывают, сколько пластин находится на участке l.

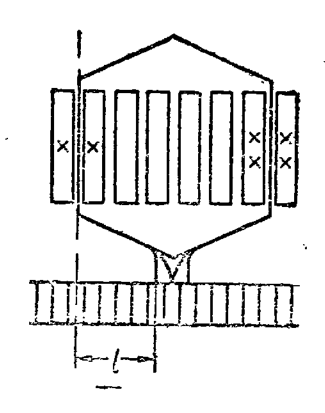


Рис. 13. Пометка зубцов и пластин.

Особенно необходимо делать это у мелких якорей с ручной обмоткой, так как такие машины имеют обычно неподвижно установленные щетки, и если при перемотке сдвинуть концы секции хотя бы на одну пластину, возможно значительное искрение.

При простых петлевых обмотках шаг по коллектору определить нетрудно, так как он равен единице. «Занос» в петлевых обмотках определяется так же, как и в волновых.

в) Определение числа витков обмотки в секции и числа секций в катушке.

Для определения числа витков в секции можно смотать несколько верхних секций и сосчитать при этом витки.

Другой способ определения числа витков заключается в том, что, разрезав пучок проводов, выходящих из паза, считают, сколько их имеется в пазу, и затем вычисляют число витков в секции по формуле:

$$w = \frac{N \cdot z}{2\,K},$$

где w — число витков в секции;

N — число проводников в пазу;

z — число пазов;

K — число коллекторных пластин.

Если при вычислении по этой формуле получится небольшой остаток, то это будет означать, что в якоре имеется холостая секция.

При пользовании этой формулой следует учесть, что если обмотка выполнена в два параллельных проводника, число

проводников N нужно взять в два раза меньше. В случае такой обмотки к каждой пластине будет припаяно не два, а четыре проводника.

Пример 1. Число проводников в пазу 102; якорь имеет 57 коллекторных пластин и 19 пазов.

$$w = \frac{N \cdot z}{2K} = \frac{102 \cdot 19}{2 \cdot 57} = 17 \text{ виткам.}$$

Пример 2. Якорь имеет 72 проводника в пазу, 65 пластин и 22 паза.

$$w = \frac{N \cdot z}{2K} = \frac{72 \cdot 22}{2 \cdot 65} = 12{,}1 \text{ витка.}$$

Здесь деление получается с остатком; это указывает на то, что имеется холостая секция.

После того как определено число витков в секции и в пазу, ручную обмотку можно быстро удалить, срезая выходящие из пазов катушки со стороны коллектора и выдергивая затем разрезанные катушки с противоположной стороны, как указано на рис. 14. Здесь буквой *А* показано место среза катушек, буквой *Б* — клин, с помощью которого выдергивают обмотку. Перед размоткой якоря рекомендуется последний прогреть до 100—110° Ц для размягчения изоляции.

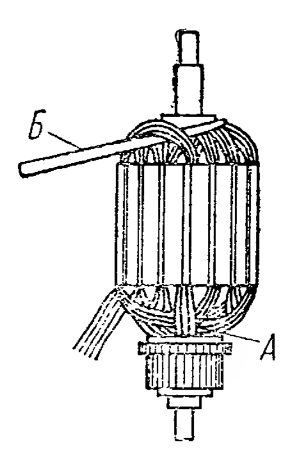


Рис. 14. Разборка ручной обмотки.

После того как катушки вынуты из пазов, определяют, какая изоляция лежала в пазах, и промеряют толщину ее микрометром. Затем промеряют толщину проводника, из которого сделана обмотка, и определяют изоляцию его.

Для измерения проводника следует выбрать наиболее сохранившуюся катушку, затем осторожно счищают с помощью стеклянной бумаги изоляцию с проводника и промеряют размеры его микрометром.

При отсутствии микрометра можно измерить диаметр проводника следующим образом. На гладкий круглый стержень наматывают несколько витков проводника, у которого предварительно счищена изоляция. Длину намотки делают примерно на 30—40 *мм*, причем соседние витки плотно кладут друг к другу. С помощью штангенциркуля измеряют длину намотки и полученное число делят на число витков, которое заключено между губками штангенциркуля.

По этому способу можно с достаточной точностью определить диаметр как голого, так и изолированного проводника, причем результат будет тем точнее, чем плотнее намотаны витки и больше длина намотки.

Число секций в катушке может быть вычислено по формуле:

$$s = \frac{K}{z},$$

где K — число коллекторных пластин, а z — число пазов. При этом, если K нацело не делится на z, то это означает, что обмотка имеет «холостую» секцию. В этом случае для вычисления следует прибавить к K единицу.

Пример 1. Якорь имеет 19 пазов и 57 коллекторных пластин. Число секций в катушке определяется по формуле:

$$s = \frac{K}{z} = \frac{57}{19} = 3.$$

Таким образом катушка содержит 3 секции.

Пример 2. Якорь имеет 41 паз и 163 коллекторных пластины. Число секций

$$s = \frac{K}{z} = \frac{163}{41}.$$

Здесь мы видим, что 163 не делится нацело на 41; поэтому прибавляем к 163 единицу и получаем:

$$s = \frac{163 + 1}{41} = \frac{164}{41} = 4.$$

В данном случае в якоре имеется холостая секция.

г) Сводка данных обмотки.

Все полученные при размотке якоря данные рекомендуется свести в таблицу. Приводим удобную форму записи данных, полученных при разборке старой обмотки:

Электродвигатель: 7 л. с.; напряжение 220 V
Сила тока . . . число оборотов . . . в минуту

Характеристика обмотки: обмотка шаблонная — проволочная; вид обмотки — волновая; число полюсов машины — 4.

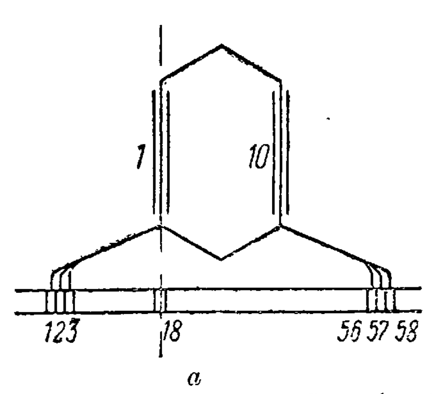
Данные обмотки якоря

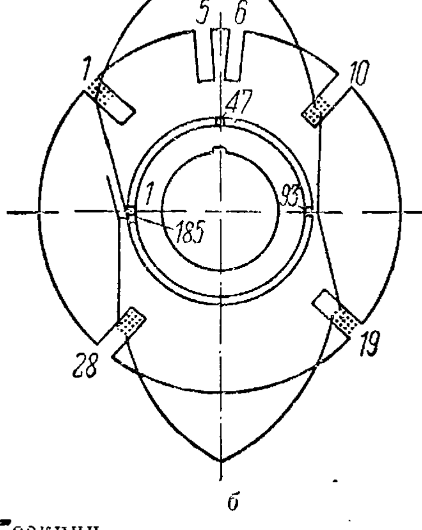
1. Число пазов	37
2. Число коллекторных пластин .	111
3. Число якорных катушек	37

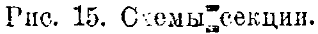
4. Число секций в катушке . . . 3
5. Число витков в секции 2
6. Число проводников в пазу . . . 12
7. Диаметр голого проводника . . 2,6 *мм*
8. Диаметр изолированного проводника . . . . 3 *мм* (ПБД)
9. Шаг по пазам . . . . 9 (1—10)
10. Шаг по коллектору . . . . . . 55 (1—56)
11. Вес проводника . . . . около 5,5 *кг*
12. Число параллельных проводов . нет
13. Холостая секция . . . . нет

Нет необходимости обязательно иметь полную схему обмотки. Достаточно на основании данных (шага по пазам и по коллектору и «заноса» концов) вычертить часть схемы. На рис. 15, *а* и *б* даны два способа вычерчивания схемы вышеприведенной обмотки.

Если обмотка имеет уравнительные соединения, необходимо записать: 1) количество пластин, соединенных между собой; 2) шаг соединений.






Рис. 15. Схемы секции.

В мелких двигателях постоянного и переменного токов (коллекторных), предназначенных для вращения в одну определенную сторону при неподвижных щетках, занос по коллектору иногда несколько изменяется, как указано на рис. 16а и 16б.

На рис. 16а представлена двухполюсная петлевая обмотка со щетками между полюсами, а на рис. 16б изображена четырехполюсная волновая обмотка со щетками также между полюсами. Обычно же щетки устанавливаются против полюсов.

8. РАЗБОРКА ОБМОТКИ ЯКОРЯ.

Снятие бандажей производится без предварительного нагрева якоря, для чего сначала с помощью острого зубила обрубают верхнюю часть «замка», а затем сматывают проволоку. Бандажная проволока, вообще говоря, почти всегда может быть использована для постановки ее вновь после перемотки, так что, если в наличии не имеется новой бандажной проволоки, нужно сохранить старую.

При снятии бандажей следует определить диаметр проволоки и изоляцию под бандажами. Здесь обычно применяют тонкий прессшпан (0,2—0,3 *мм*) или такой же толщины миканит.

Некоторые заводы используют бандажи, поставленные на лобовых частях, для нанесения на них слоя олова в целях

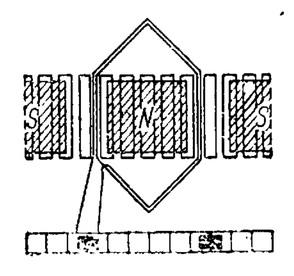


Рис. 16 а. Двухполюсная петлевая обмотка со щетками между полюсами.

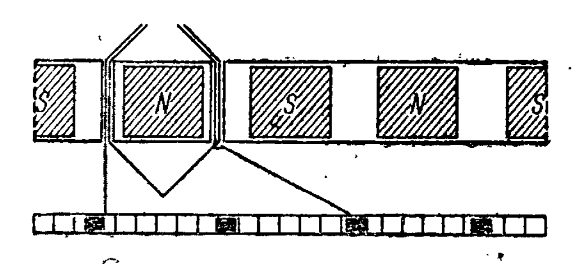


Рис. 16 б. Четырехполюсная волновая обмотка со щетками между полюсами.

балансировки; на это следует обратить внимание и после перемотки якоря его вновь отбалансировать.

Удаление клиньев из паза лучше всего производить у предварительно нагретого до 100—110° Ц якоря. Рекомендуется попробовать удалить клинья, не повреждая их, для чего ударяют по ним через фибровую прокладку с торца.

После того как будет установлен вид обмотки и шаг по коллектору и пазам, приступают к удалению обмотки. Для удаления обмотки прежде всего отпаивают все проводники от коллектора, причем, если концы обмотки заложены непосредственно в ламели без петушков и диаметр проводников небольшой, распайку производят паяльником, а в случае наличия петушков прогревают их паяльной лампой.

При проволочной обмотке (когда диаметр проводника больше 1 *мм*) иногда вытаскивают концы секций из ламелей в холодном виде. Этого ни в коем случае нельзя делать при на-

личин петушков, так как при этом нельзя разобрать обмотки, не повредив петушков.

В случае стержневой обмотки, как известно, старые секции всегда могут быть использованы после соответствующей правки и изолировки. Поэтому в таких случаях следует осторожно вынимать секции из пазов, не гнуть их, не обламывать концов и т. д., — это впоследствии сбережет много времени и сократит время ремонта.

Удаление катушек рекомендуется делать так: сначала с помощью клина приподнимают края катушек (рис. 8), затем, действуя фасонным клином, поднимают все верхние стороны катушек (рис. 9), после чего поочередно вынимают все катушки. Как уже говорилось, нагревание якоря сильно облегчает эту работу, так что в случае надобности следует подогревать обмотку несколько раз.

Во всех случаях необходимо несколько якорных катушек вынуть по возможности без повреждения. Они послужат в дальнейшем образцом для изготовления новых секций.

9. ЧИСТКА ЯКОРЯ И ПОДГОТОВКА КОЛЛЕКТОРА.

После разборки старой обмотки пазы якоря необходимо тщательно вычистить от грязи, кусков горелой изоляции и т. п. Каждый паз должен быть осмотрен, отдельные зубцы выправлены; если обнаружатся отдельные выступающие в пазу железные листы, их следует опилить. Если изоляция обмоткодержателей не повреждена, можно оставить ее не разбирая. При удалении же обмоткодержателей следует снять их старые размеры.

Пазы рекомендуется промыть с помощью широкой кисти бензином: это очень способствует удалению пыли и грязи.

После чистки якоря следует проверить коллектор для того, чтобы убедиться в его исправности.

Испытание изоляции коллектора лучше всего производить испытательным трансформатором. Напряжение при этом надо брать не менее двойного рабочего напряжения машины + 1000 V. Обычно коллекторы испытываются напряжением на 20—30% больше вышеуказанного напряжения, что при ремонте, впрочем, необязательно.

Испытание высоким напряжением должно производиться опытным лицом; присутствие посторонних лиц где-либо поблизости не должно допускаться. Перед испытанием изоляции высоким напряжением желательно проверить ее состояние мегометром.

При испытании отдельные пластины коллектора перевя-

зываются 2—3 витками голого медного проводника; один из концов, идущий от трансформатора, включается на вал якоря, а другой конец присоединяется к коллектору. Испытательное напряжение повышают постепенно, все время следя за показанием вольтметра (рис. 4); по достижении напряжения требуемой величины выжидают не более одной минуты и затем плавно его понижают.

Испытание изоляции между пластинами производят контрольной лампой, касаясь поочередно каждой пары пластин.

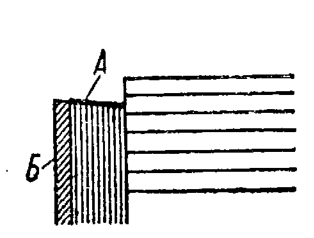


Рис. 17 а. Веревочный бандаж.

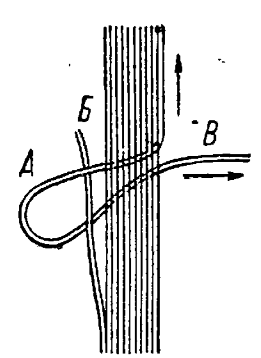


Рис. 17 б. Способ постановки веревочного бандажа.

Лучше производить такое испытание от сети 220 V, так как большее испытательное напряжение дает бо́льшую гарантию качества изоляции.

Петушки должны быть выправлены, подтеки олова удалены, что достигается путем нагрева петушков и последующей чисткой их щетинной кистью.

Шлитцы коллектора прорезаются ножовкой.

После подготовки шлитца следует измерить, войдет ли в него кусок соответствующего проводника; затем тщательно очищают коллектор от медной пыли смоченной в бензине кистью и ставят веревочные бандажи (рис. 17а) на выступающие части изоляционных колец.

Способ постановки веревочного бандажа показан на рис. 17б. Перед началом оставляется петля *А*; поверх нее кладут нужное число витков в направлении, указанном стрелкой. Конец бандажного шнура *Б* пропускается в петлю; потянув за начало бандажного шнура *В* в направлении, указанном стрелкой, затягивают конец бандажа под намотанные витки.

Поставленный бандаж покрывается несколькими слоями густого шеллака или скоросохнущего лака, причем каждый

новый слой наносится после того, как высох предыдущий. Это делается для получения гладкой поверхности, что будет затруднять скопление пыли и грязи.

Если же при проверке выяснится, что коллектор имеет какие-либо дефекты, следует отремонтировать его (см. ниже).

ГЛАВА IV.

РУЧНАЯ ОБМОТКА ЯКОРЕЙ.

10. ПРИМЕНЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РУЧНОЙ ОБМОТКИ.

Ручная обмотка якорей применяется в настоящее время исключительно в мелких электродвигателях и динамомашинах, где ее выполнение проще и дешевле шаблонной.

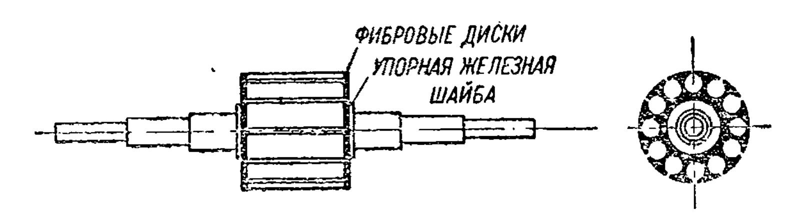


Рис. 18. Изолировка торцов якоря.

К достоинствам ручной обмотки надо еще отнести меньшую по сравнению с шаблонной длину лобовых частей обмотки, что дает — особенно для двухполюсных машин — значительную экономию обмоточного провода.

Конструктивной особенностью якорей с ручной намоткой являются полузакрытые пазы якоря, которые позволяют обходиться без бандажей, удерживающих обмотку в пазах, закрепляя последнюю фибровыми или деревянными клиньями. Полузакрытые пазы дают более равномерное магнитное поле.

Изоляция якорей ручной обмотки может быть разделена на изоляцию: а) лобовой части якоря, б) пазов и в) вала. Для изоляции лобовых частей применяют прессшпановые или фибровые диски толщиною 1—2 *мм*, вырубленные тем же штампом, что и диски железа якоря, и имеющие такие же пазы и диаметр.

Изолирующие диски ставятся по краям якорного пакета железа и запрессовываются вместе с ним на валу (рис. 18). Зубцы таких дисков (из изолирующего материала) предохраняют изоляцию от разрыва и от прокола об острые края зубцов железа якоря. Для изоляции пазов применяются обычно эксцельсиор и прессшпан толщиною 0,15—0,2 *мм*.

Изоляция чаще делается двойной: из одного слоя прессшпана и одного слоя эксцельсиора, причем эксцельсиор кладется между железом и прессшпаном. В некоторых случаях применяют ординарную изоляцию, ограничиваясь одним слоем прессшпана или эксцельсиора. Изоляцией вала служит обычно ленточка прессшпана или эксцельсиора, намотанная в 3—4 слоя на вал и нарезанная со стороны якоря зубчиками, отогнутыми перпендикулярно к валу (рис. 19). Кроме того поверх этих зубчиков для более тщательной изоляции обмотки от упорных металлических шайб, стягивающих пакет железа, накладывают небольшого диаметра прессшпановые шайбы.

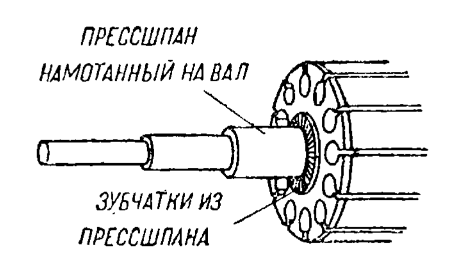


Рис. 19. Изолировка торцов якоря.

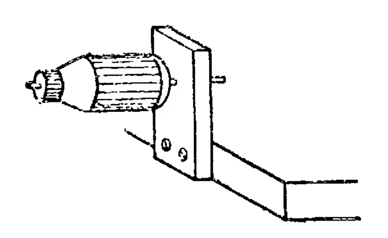


Рис. 20. Якорь при намотке.

11. ПРОИЗВОДСТВО НАМОТКИ ЯКОРЯ С РУЧНОЙ ОБМОТКОЙ.

После того как якорь размотан и вычищен, а коллектор проверен лампой между пластинами, а также высоким напряжением на корпус, укладывают изоляцию паза.

Изоляцию надо нарезать с таким расчетом, чтобы ее края выдавались на 0,5—1,0 *мм* за боковые изоляционные диски или, если их не имеется, на 2,0—2,5 *мм* за края железа якоря.

В тех местах, где прессшпановые или фибровые зубцы крайних изолирующих дисков сломаны, лучше несколько усилить изоляцию, прокладывая дополнительно узкие ленточки эксцельсиора, нарезанного наискось.

Если точные размеры проволоки снятой обмотки неизвестны или должна быть применена проволока несколько большего сечения, то необходимо проверить, поместится ли в пазу требуемое число витков. Вместимость паза можно проверить непосредственно, вложив в него изоляцию и нарезанную небольшими кусками проволоку.

Число проволок определенного сечения, умещающихся

в данном пазу, можно также определить на основании следующей эмпирической формулы:

$$n = R\frac{Q}{q},$$

где n — число проволок в пазу;

Q — площадь сечения паза в квадратных миллиметрах;

q — площадь сечения провода с изоляцией в квадратных миллиметрах;

R — коэфициент заполнения.

Величина коэфициента R для якорей ручной обмотки обыкновенно колеблется в пределах от 0,4 до 0,5.

При ручной намотке якорей последние кладут на небольшие козлы или вставляют концом вала в отверстие, сделанное в вертикально укрепленной доске (рис. 20). На некотором расстоянии от якоря ставится на подставке катушка с проволокой, с которой производится намотка.

При намотке якоря проволоку внутри паза и на лобовые части необходимо после каждых нескольких витков уминать.

В пазах проволока уминается тонкими и длинными клиньями, вставляемыми с одного или с обоих концов паза. Клинья делаются из фибры, дерева или металла, гладко полируются и при употреблении натираются парафином.

На торцах проволоку можно уминать плоскими клиньями, прижимая ее к торцовой стороне якоря.

Проволоку следует наматывать, возможно сильнее натягивая ее и избегая большого числа перекрещиваний, так как в последнем случае проволока занимает значительно больше места. При намотке надо тщательно следить, чтобы не сдвинулась и не порвалась изоляция паза.

Для изоляции между собой катушек, кроме прокладок в пазах, ставят также прокладки между катушками и на лобовых частях обмотки.

Для изготовления прокладок в пазах материалом служит обыкновенно тонкий эксцельсиор, а для прокладок на лобовых частях — какая-нибудь тонкая изоляционная бумага (рис. 21).

Кроме упомянутых прокладок, для усиления изоляции внутри обмотки применяются «чулки», надеваемые на концы секций; чулок должен заходить немного в паз и оканчиваться у самого коллектора. При напряжении не свыше 220 V и проволоке с изоляцией не ниже ПШД (двойная шелковая обмотка) у мелких машин ни прокладок, ни чулок можно не ставить.

В виду того, что при больших оборотах секции могут под

влиянием центробежной силы подняться, необходимо в подобных случаях их соответственно укреплять.

В этом случае последние катушки прихватываются полотняной лентой, которая в свою очередь привязывается к валу тонким шпагатом (рис. 22). Можно также связать несколько последних катушек с предыдущими, подложив под них заблаговременно шпагат и стянув его концы узлом после окончания намотки.

Затем изоляция коротко обрезается, края ее загибаются в паз и заколачиваются фибровые или деревянные клинья.

Для подводки концов секции к коллектору промежуток между ним и обмоткой заполняется полотняной или другой

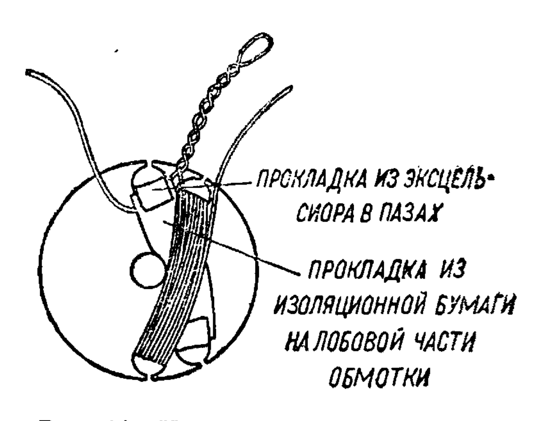


Рис. 21. Изолировка секций на торцах.

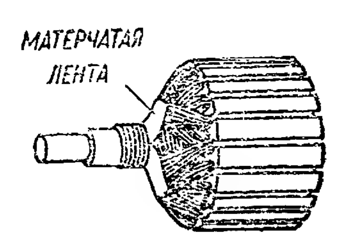


Рис. 22. Укрепление секций.

лентой, служащей основанием, на которое ложатся концы. Поверх ленты укладывается широкий веревочный бандаж.

Закладка концов в коллектор при двухполюсной обмотке, а также при многополюсной параллельной, не представляет никаких затруднений: одна петля заводится в пластину согласно определенному заносу по коллектору; все же остальные закладываются последовательно один за другим в соседние пластины. Для удобства (чтобы они держались в шлицах коллекторных пластин) можно их прихватывать резиновыми кольцами, надетыми на коллектор, или ниткой с подвешенным грузом. При заводке концов последовательной многополюсной обмотки необходимо сначала завести в коллекторные пластины только концы, помеченные узелками (можно, разумеется, и наоборот: сначала вложить концы без узелков), согласно определенному заносу концов по коллектору, а потом, прикрыв их изоляцией, вложить остальные концы в соответствии с шагом по коллектору.

Во избежание ошибок надо помнить, что при последовательной обмотке (волновой) концы одной секции никогда не перекрещиваются, т. е. идут от секции всегда в разные стороны. После закладки концов обмотки в коллектор следует пайка коллектора, проверка якоря милливольтметром между пластинами и вторично высоким напряжением на корпус.

12. СПОСОБЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РУЧНЫХ НАМОТОК ЯКОРЕЙ.

а) Способы выполнения двухполюсных обмоток.

Ниже приводим простейший, наиболее часто применяемый способ намотки для двухполюсных машин. Возьмем для примера якорь из 12 пазов, 12 коллекторных пластин, 150 проволок в пазу (75 витков в секции) с шагом по якорю 1—6.

Намотка ведется по следующей таблице:

Из паза	*1*	мотаем	в паз	*6*
„	*2*	„	„	*7*
„	*3*	„	„	*8*
„	*4*	„	„	*9*
„	*5*	„	„	*10*
„	*6*	„	„	*11*

После намотки шестой катушки паз *6* оказывается заполненным, паз *12* — пустым, а остальные — заполненными наполовину.

Продолжаем мотать по этой таблице:

Из паза	*7*	мотаем	в паз	*12*
„	*8*	„	„	*1*
„	*9*	„	„	*2*
„	*10*	„	„	*3*
„	*11*	„	„	*4*
„	*12*	„	„	*5*

После намотки двенадцатой катушки все пазы оказываются заполненными и обмотка закончена.

После намотки каждой секции делается петля (рис. 21), в которой один конец является концом намотанной секции, а другой — началом следующей. Конец 12-й секции соединяется с началом 1-й секции, образуя таким образом 12-ю петлю. Обмотка эта крайне проста в смысле выполнения, но не вполне симметрична на лобовых частях (один бок выше), что затрудняет балансировку.

Способ намотки существенно не изменяется, если при том же количестве пазов мы имеем двойное или тройное количество коллекторных пластин.

Возьмем для примера якорь из 12 пазов, 36 коллекторных пластин, 150 проволок в пазу (25 витков в секции). Намотка может здесь вестись по помещенной выше таблице, но петли надо делать через каждые 25 витков и переходить к следующему пазу только после намотки 75 витков.

После заполнения всех 12 пазов будем иметь 36 петель, из которых последняя служит концом 36-й секции и началом 1-й секции.

При очень большом количестве витков иногда бывает удобно видоизменять изложенный способ намотки, мотая проволоку одновременно с нескольких катушек; например, в приведенном выше случае мы должны мотать одновременно с трех катушек.

После намотки 25 витков по 3 проволоки параллельно мы получим 75 ординарных витков, т. е. в случае нашей обмотки 3 секции полностью, и можем переходить к следующему пазу.

Петли при такой намотке первоначально не разделяются, и все 3 петли (6 проволок) скручиваются вместе. По окончании намотки они разрезаются и контрольной лампой соединяются в соответствии со схемой обмотки, сделанной по приведенной выше таблице, т. е.

Конец	1-й	секции	соединяется	с началом	2-й секции
„	2-й	„	„	„	3-й „
„	3-й	„	„	„	4-й „

и т. д.

Соединение концов упрощается, если имеется возможность мотать разноцветной проволокой.

Недостатком обмотки несколькими параллельными проволоками является скручивание проволок при каждом обороте. Этого можно избежать, подвесив катушки с проволокой таким образом, чтобы они могли вращаться вокруг вертикальной оси.

Можно мотать обмотку и по следующей таблице:

Из паза	*1*	мотаем в паз	*6*
„	*7*	„	*12*
„	*2*	„	*7*
„	*8*	„	*1*
. . .	. . .	. . .	. . .
Из паза	*12*	мотаем в паз	*3*

Из таблицы видно, что уже при намотке третьей катушки один паз заполняется целиком (паз 7). При таком способе намотки проволоку после намотки каждой катушки необходимо обрезать и помечать конец или начало каждой катушки узелком или краской.

Обмотка получается вполне симметричной и, следовательно,

более удобной для балансировки, но лобовые части обмотки получаются несколько выше вследствие менее удобной укладки провода на торцах.

При намотке катушек, состоящих из нескольких секций, проволока обрезается только по окончании намотки всей катушки; между секциями же оставляются петли.

В обоих приведенных способах намотки катушки, находящиеся между собой под полным приложенным напряжением, располагаются внутри паза в два слоя, между которыми для надежности изоляции следует ставить прокладки.

Довольно симметричная намотка, хорошо укладывающаяся на лобовых частях, получается по следующей таблице (при 12 пазах, 12 коллекторных пластинах и 75 витках):

Из паза	*1*	мотаем	в паз	*8*	38	витков
„	*1*	„	„	*6*	37	„
„	*2*	„	„	*9*	38	„
„	*2*	„	„	*7*	37	„
„	*3*	„	„	*10*	38	„
„	*3*	„	„	*8*	37	„
„	*4*	„	„	*11*	38	„
„	*4*	„	„	*9*	37	„

При этом способе намотки часть пазов, как, например, *1*, *2*, *3*, заполняется сразу наполовину, в то время как пазы *6*, *7*, *8*, *9* и *10* заполнены на четверть (рис. 23).

Продолжая мотать далее по этой таблице, имеем:

Из паза	*5*	мотаем	в паз	*12*	38	витков
„	*5*	„	„	*10*	37	„
„	*6*	„	„	*1*	38	„
„	*6*	„	„	*11*	37	„
„	*7*	„	„	*2*	38	„
„	*7*	„	„	*12*	37	„
„	*8*	„	„	*3*	38	„
„	*8*	„	„	*1*	37	„
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Из паза	*12*	мотаем	в паз	*7*	38	витков
„	*12*	„	„	*5*	37	„

Такая обмотка имеет один существенный недостаток, заключающийся в том, что в пазах *6* и *7* секции разделяются не на два, а на три слоя, находящиеся в некоторые моменты между собой под полным приложенным к коллектору напряжением. Эта особенность станет понятна, если рассмотреть подробнее процесс обмотки в отношении паза *6* или паза *7*. Рассмотрим паз *6*. В него последовательно ложатся:

1) одна полусекция первой катушки, соединенной с первой коллекторной пластиной;

2) две полусекции 6-й катушки, соединенной с 6-й коллекторной пластиной;

3) одна полусекция 11-й катушки, соединенной с 11-й коллекторной пластиной.

При прохождении 6-й пластины под одной из щеток первая и 11-я пластины, расположенные почти диаметрально по отношению к 6-й, пройдут под другой щеткой, и следовательно, обмотка внутри паза разобьется на три слоя, находящиеся между собою под полным напряжением. Имея в виду эту особенность обмотки, необходимо при ненадежной изоляции провода ставить в пазах *6* и *7* не одну, а две изолирующих прокладки, что в некоторых случаях (при тесноте в пазу) является затруднительным (рис. 24).

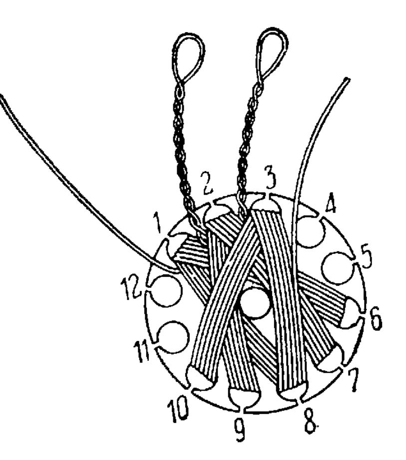


Рис. 23. Укладка секций на торцах.

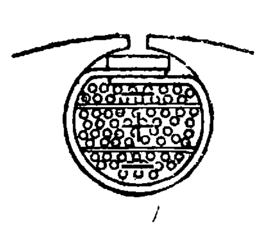
Кроме указанных трех способов обмотки, в тех случаях, когда сечение пазов значительно, и следовательно, лобовые части могут получиться слишком высокими, можно применить еще один способ.

Возьмем для примера якорь из 12 пазов, 36 коллекторных пластин, 150 проволок в пазу (25 витков в секции).

Намотка должна вестись по следующей таблице:

Из паза	*1*	мотаем в паз	*6*	25 витков
„ „	*2*	„ „ „	*7*	25 „
„ „	*3*	„ „ „	*8*	25 „
.	. . .		. . .	. . . . .
Из паза	*12*	мотаем в паз	*5*	25 витков

После намотки 12-й секции в каждом пазу оказываются уложенными 50 проволок; обмотку продолжают по этой же таблице; начиная опять с паза *1* и дойдя до паза *12*, возвращаются снова к пазу *1*, после чего обходят якорь, таким образом, третий раз.


Рис. 24. Изоляция секций в пазу.

При выполнении этой намотки петли между секциями делать не следует, так как это затрудняет соединение концов, а лучше после намотки каждой секции обрезать проволоку и отмечать конец (или начало) узелком или краской.

В некоторых случаях концы первого, второго и третьего (а если есть, то и четвертого) ряда секций отмечают соответ-

ственно одним, двумя и тремя узелками и соединяют их в строгой последовательности: конец первой секции — с началом второй, конец второй — с началом третьей и т. д.; необходимости в этом, однако, нет, так как секции первого, второго и т. д. ряда ничем существенно друг от друга не отличаются.

При разметке концов секции надо тщательно следить, чтобы не оказались спутанными начало и конец в какой-либо секции, так как такая ошибка сильно влияет на работу машины.

При указанной обмотке секции внутри паза будут расположены в 6 слоев, находящихся между собою под полным напряжением, и следовательно, при ненадежной изоляции провода потребовалось бы поставить в пазу 5 прокладок; так как такое количество прокладок поставить не представляется возможным, то указанная обмотка выполняется только проводом с хорошей изоляцией, без применеия прокладок.

б) Способы выполнения четырехполюсных обмоток.

Из указанных четырех способов намотки для двухполюсных якорей два первых с соответственным изменением шага применяются и для четырехполюсных якорей; что же касается двух других, то они, благодаря некоторой сложности выполнения и описанным выше недостаткам, не применяются для четырехполюсных машин, так как их основное достоинство — компактность лобовых частей — особого значения здесь не имеет.

Ниже приводим способ выполнения четырехполюсного якоря (аналогичный второму способу для двухполюсных якорей).

Для примера возьмем якорь из 25 пазов, 25 коллекторных пластин, 150 проволок в пазу (75 витков в секции) с шагом 1—7; обмотка последовательная.

Намотка ведется по следующей таблице:

Из	паза	*1*	мотаем	в	паз	*7*
„	„	*13*	„	„	„	*19*
„	„	*2*	„	„	„	*8*
„	„	*14*	„	„	„	*20*
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Из	паза	*25*	мотаем	в	паз	*6*

После каждой секции концы надо обрезать и помечать узелками или краской.

Если предположить, что коллектор в данном случае имеет не 25, а 75 пластин, и каждая катушка соответственно имеет 3 секции, то обмотку можно вести по этой же таблице с той

только разницей, что концы надо выводить через каждые 25 витков (не делая петель, только соответственно отмечая концы).

Параллельная обмотка многополюсных машин и по выводу концов на коллектор и по выполнению самой обмотки никакого отличия от двухполюсной не имеет.

Параллельная обмотка в мелких многополюсных машинах никаких преимуществ перед последовательной не имеет и потому встречается редко.

ГЛАВА V.

НАМОТКА ЯКОРЯ С ШАБЛОННОЙ ОБМОТКОЙ.

13. ВИДЫ КАТУШЕК И ИХ ИЗОЛЯЦИЯ.

Катушка обычно состоит из нескольких секций или элементов обмотки, заизолированных вместе. При укладке катушки в пазы одна из сторон ее помещается внизу, а другая наверху паза.

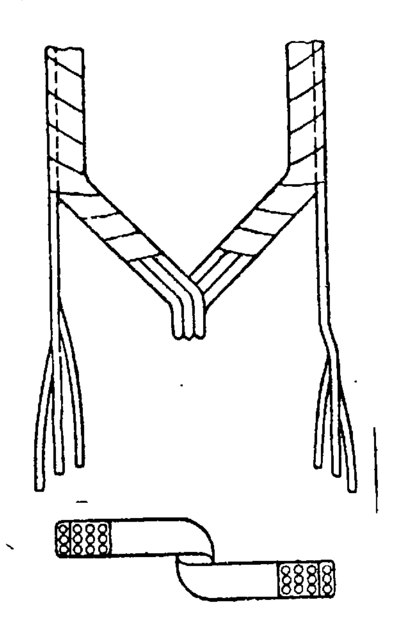


Рис. 25. Способ вывода концов сбоку.

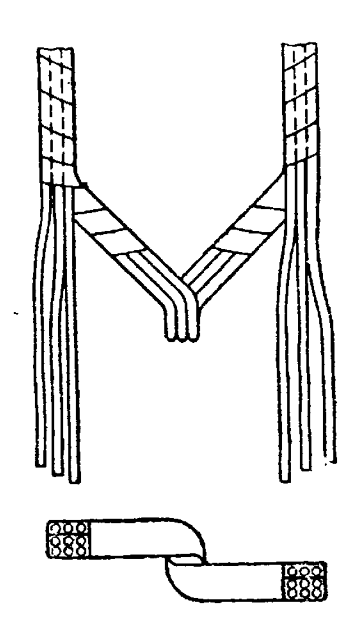


Рис. 26. Способ вывода концов сверху.

Различают два основных вида катушек: проволочные, которые, как указывает их название, мотаются из круглого проводника, и стержневые, изготовляемые из проводника прямоугольного сечения.

Катушки для обмоток якорей машин постоянного тока имеют довольно однообразную форму и отличаются друг от друга главным образом формой лобовых соединений («головок») и способом вывода концов, служащих для включения в коллектор.

Иногда катушки изготовляются из ленточной меди; в этом случае каждая секция катушки состоит из нескольких витков (2—3), гнутых на ребро.

Наиболее распространенные формы проволочных секций показаны на рис. 25 и 26. У первой из них выводные концы

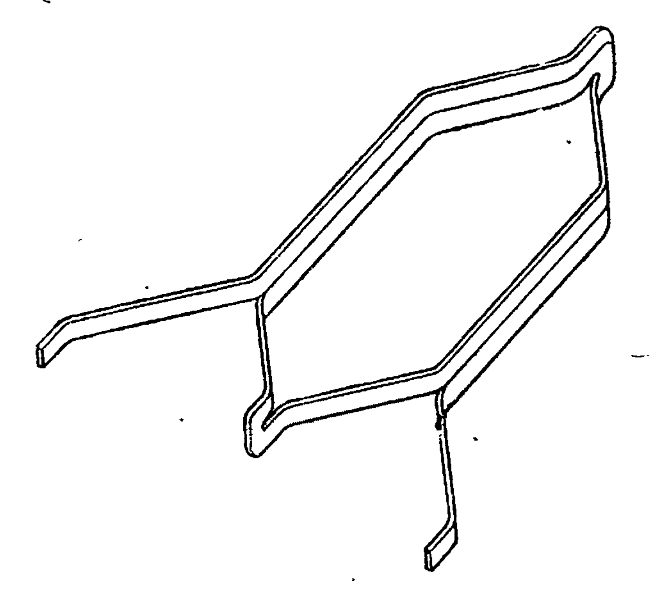


Рис. 27. Катушка стержневой обмотки.

выходят сбоку, а у второй сверху. Такая форма секции применяется как для петлевых, так и для волновых обмоток, причем концы разводятся в заисимости от шага обмотки по коллектору.

На рис. 27 представлена катушка стержневой обмотки, состоящей из одной секции, один из выводных концов которой расположен сверху, а другой снизу.

Стержневые катушки имеют обычно один виток, причем могут также состоять из нескольких секций. На рис. 28 показаны такие секции для петлевой и волновой обмоток. Головки таких секций приходится изгибать по меньшему размеру сечения стержня («на ребро»), что для больших сечений бывает затруднительно. В этих случаях изготовляют секцию из двух отдельных частей (рис. 29) и спаивают их на лобовой части хомутиком.

Отдельные секции обмотки нормальных машин, составляющие катушку, обычно не имеют дополнительной изоляции между собою, так как изоляция проводника является достаточной для этой цели.

В некоторых случаях между отдельными секциями катушки прокладываются полоски прессшпана или бумаги толщиной 0,1—0,2 *мм*, причем прокладки эти лежат только в пазовой части секции и имеют назначение не только изолировать отдельные секции, но главным образом сохранить расположение рядов проводника в катушке.

Изоляции катушек придают большое значение, так как две стороны катушек, расположенные в одном пазу, находятся под полным напряжением по отношению друг к другу.

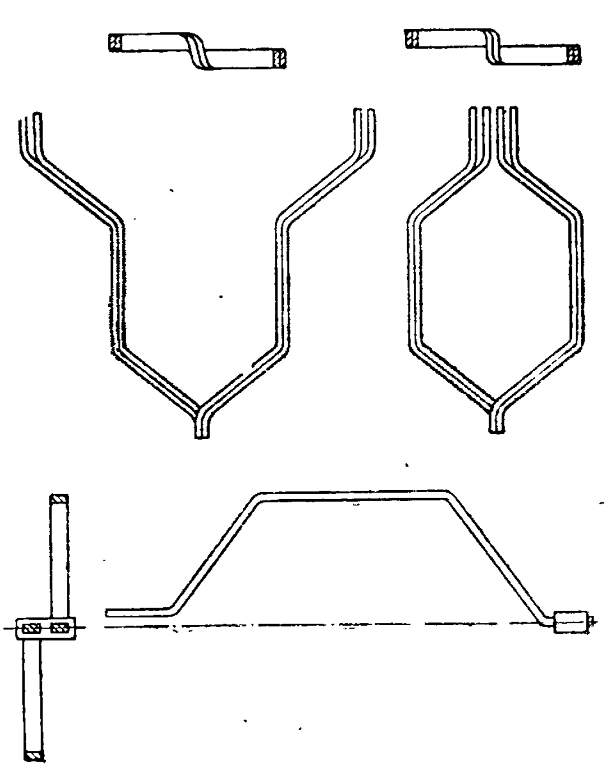


Рис. 28 и 29. Стержневые секции.

В современных машинах катушки изолируются с тем расчетом, чтобы изоляция их была способна спокойно выдержать испытательное напряжение (см. выше) по отношению к корпусу. Пазы якоря при этом имеют только один слой изоляции прессшпана или латероида, назначение которых главным образом в предохранении изоляции катушек от повреждений при вкладывании.

На рис. 30 дана изоляция пазовой части обмотки для машин в 110 и 440 V.

В целях получения более надежной изоляции после изолировки всей секции бумажной лентой применяют опрессовку пазовой части, заключающуюся в следующем: пазовую часть катушки обертывают 3—4 слоями микафолия или гибкого миканита, после чего она опрессовывается в специальных прессформах в горячем виде. При этом отдельные слои изо-

ляции склеиваются между собой и прочно приклеиваются к катушке.

Опрессовка дает возможность получить точные геометрические размеры пазовой части катушки, что сильно облегчает укладку обмотки в пазы.

Во всех случаях ремонта изолировать обмотку следует так же, как это было сделано заводом, изготовившим машину.

14. ШАБЛОНЫ ДЛЯ НАМОТКИ ПРОВОЛОЧНЫХ КАТУШЕК.

а) Деревянные шаблоны.

Проволочные катушки могут быть изготовлены двумя основными способами: в пер-

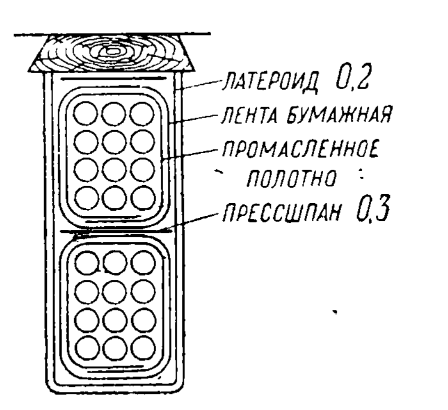




Рис. 30. Изоляция пазовой части секции.

вом случае катушка наматывается на шаблон, после чего ей придают окончательную форму путем растягивания; во втором случае катушке при намотке сразу же придают требуемую форму.

Первый способ имеет большее распространение в виду своей простоты и дешевизны, и им обычно пользуются при ремонте.

Шаблоны для намотки катушек изготовляются из дерева. На рис. 31а изображен шаблон наиболее распространенной формы. Он состоит из сердечника *А* и двух фланцев *Б*, из которых один обычно наглухо скреплен с сердечником, а другой прикрепляется на время намотки двумя барашками *В*.

Размеры сердечника выбираются в соответствии с размерами катушки (рис. 31б), где длина *n* равняется длине прямой (пазовой) части секции; скосы *m* равняются большей длине лобовых частей; общая длина *l* равна длине пазовой части *n*

плюс двойная длина меньших лобовых частей k. Ширина сердечника h берется из расчета диаметра и числа проводников, помещенных в одном слою (ряду) катушки.

Размеры фланцев не имеют большого значения; обычно они берутся с тем расчетом, чтобы фланцы выступали за оправку на 15—25 *мм*. Во фланцах делаются вырезы *Г* (рис. 31а), служащие для удобного временного закрепления проводников после намотки.

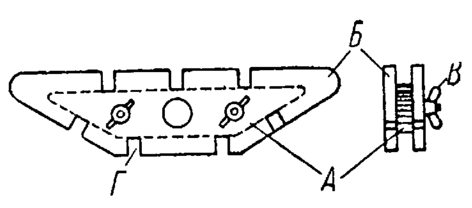


Рис. 31 а. Шаблон для намотки катушек.

При изготовлении шаблона для намотки катушек при наличии старых катушек выпрямляют последнюю, придав ей форму шаблона (рис. 31а). Внутреннюю часть катушки обводят карандашом и по ней изготовляют оправку. При этом общую длину следует увеличить на 3—5%.

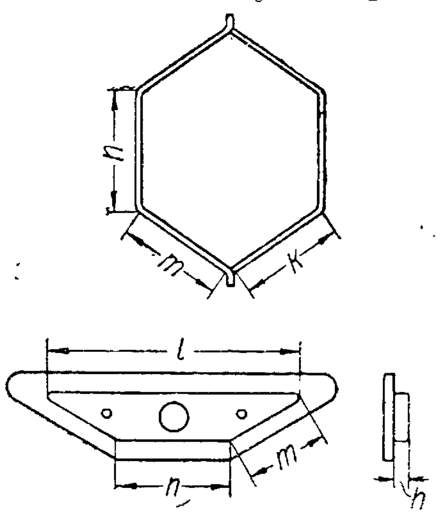


Рис. 31 б. Размеры сердечника шаблона для намотки катушек.

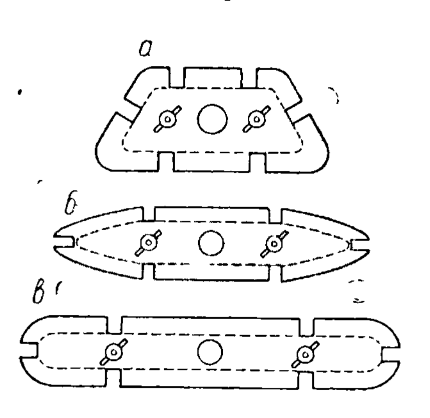


Рис. 32. Шаблон для намотки катушек.

Другие формы шаблонов, применяемые для намотки, показаны на рис. 32, причем форма *а* применяется только для секций из тонких проводов.

Шаблоны должны быть гладко обстроганы и изготовлены из сухого дерева. Края фланцев рекомендуются скашивать во избежание цепляния проводника при намотке.

б) Универсальные шаблоны.

Для намотки проволочных катушек в ремонтной мастерской с большим успехом могут быть применены универсальные

шаблоны. Такой шаблон может быть изготовлен своими силами и сбережет впоследствии много времени.

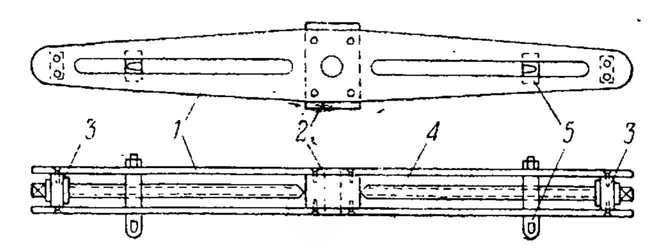


Рис. 33. Универсальный шаблон.

Общий вид шаблона показан на рис. 33. Он состоит из двух щек *1*, скрепленных сердечником *2* и двумя крепительными планками *3*. Между щеками помещаются два ходовых винта *4*, с помощью которых в вырезах щек передвигаются упоры *5*, на которые производится намотка секций.

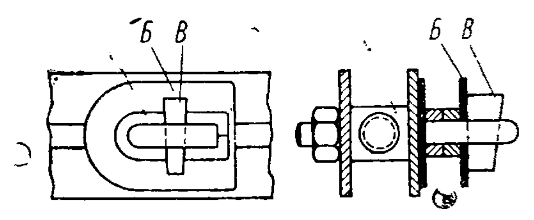


Рис. 34. Упор с прокладками.

Перед намоткой, вращая ключом ходовые винты *4*, устанавливают упоры *5* на нужном расстоянии друг от друга, затем закрепляют их, затягивая гайки. Для получения нужного радиуса головки катушки и установления ширины шаблона пользуются различными шайбами *Б* (рис. 34), прокладками, надеваемыми на упор и закрепляемыми клином *В*.

На таком шаблоне можно располагать проводники как горизонтальными, так и вертикальными рядами с применением соответствующих размеров шайб и прокладок.

Шаблон лучше всего установить на специаль-

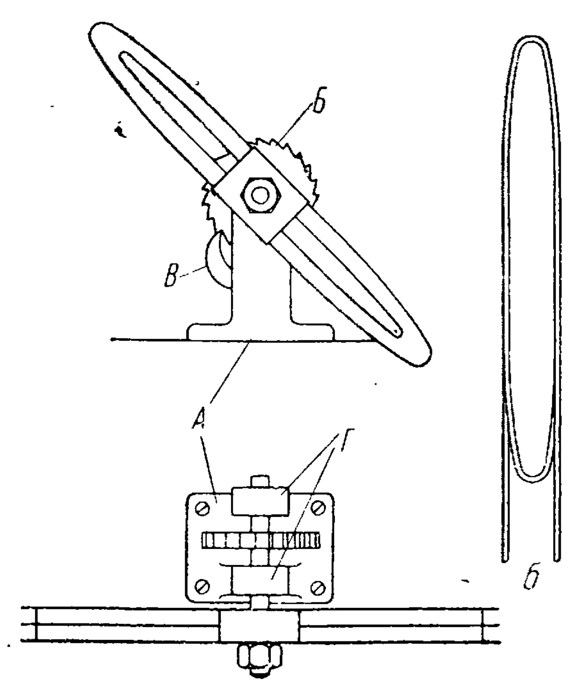


Рис. 35. Универсальный шаблон.

ной стойке *А* (рис. 35) с подшипниками *Г*, в которых вращается валик с нарезкой на конце, служащей для крепления шаблона. На валике имеется шестерня *Б*, по зубьям которой скользит собачка *В*. Благодаря этому возможно остановить шаблон в любом положении, так как проводники не будут иметь возможности оттянуть его назад.

Катушки, изготовленные на этом шаблоне, имеют вид, показанный на рис. 35 (см. *б*). Лобовые части у них будут равны. Однако это в большинстве случаев не имеет значения, так как разные плечи у катушек необходимы главным образом в случае стержневых обмоток.

в) Комбинированные шаблоны.

Существует довольно много различных конструкций комбинированных шаблонов, позволяющих одновременно производить намотку и разводку катушек. Обычно на них можно изготовлять катушки различных размеров в установленных пределах.

На рис. 36 изображен один из таких шаблонов. Он состоит из железного листа *А*, имеющего шесть прорезей. По двум из них могут перемещаться упоры для головок *В* и *С*, закрепляемые на месте штифтами *К*. Упоры эти устанавливаются в соответствии с длиной заготовки секции. На ползунах *Д* и *Е* укреплены угольники, удерживающие пазовые части катушки. Шаблон вращается вокруг оси на цапфах *Т*.

Перед намоткой упоры и ползуны ставятся в положение, указанное пунктиром.

По окончании намотки рукояткой раздвигают ползуны *Д* и *Е*, освободив предварительно штифты *К*, удерживающие упоры *С* и *В*, которые при этом передвигаются по своим вырезам к центру.

Затем катушки перевязывают в нескольких местах проводником или шпагатом. После этого один из упоров сдвигают к центру и освобождают пазовые части из зажимов и всю катушку сдвигают в направлении продольных прорезей, после чего ее снимают с шаблона.

На рис. 37 показан подобный универсальный шаблон, прикрепленный к специальному намоточному станку. Здесь головки секций также укладываются на упоры *1* и *2*, пазовая часть на соответствующие планки *3* и *4*, раздвигаемые с помощью ходового винта *5*. Упоры *1* и *2* устанавливаются по желаемому размеру и закрепляются на месте болтами. Остальное устройство ясно из рисунка.

Что касается применения шаблона в ремонтной мастерской, то здесь большое значение имеет объем работы мастерской.

наличие обмоточных станков, возможность изготовления шаблона своими силами и т. д.

Кроме вышеуказанных шаблонов, на электромашиностроительных заводах применяют иногда шаблоны, имеющие очертание готовой к укладке катушки.

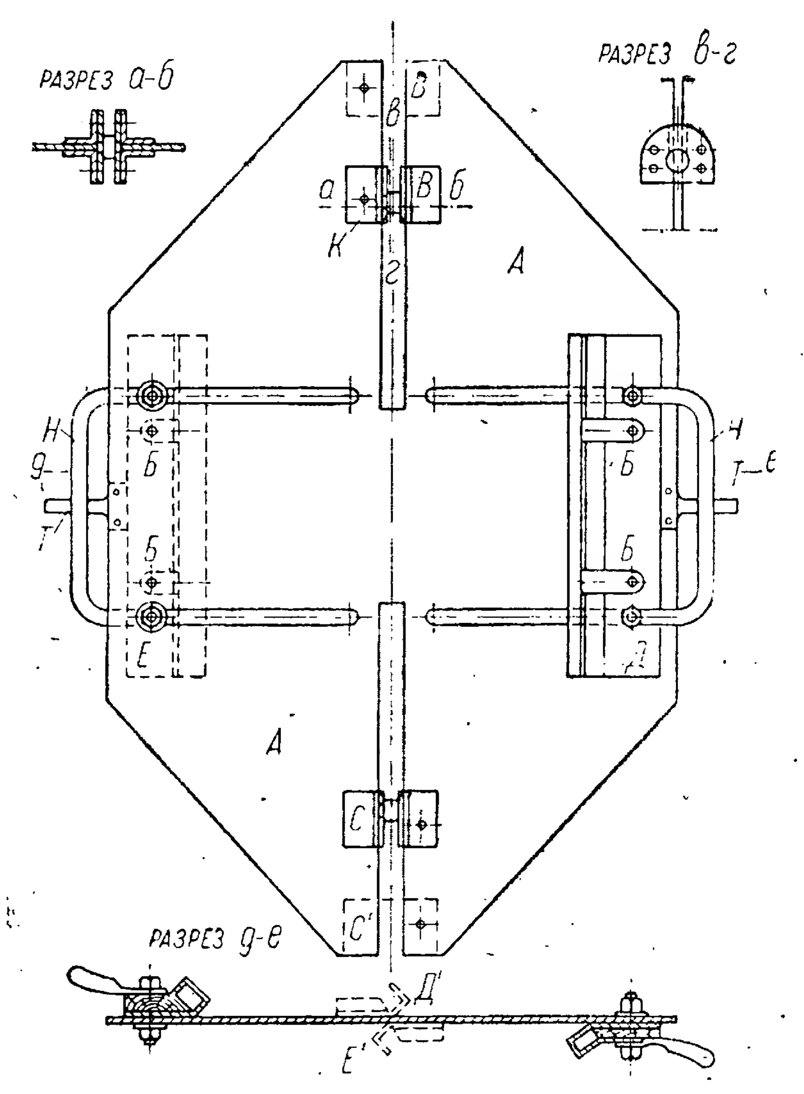


Рис. 36. Комбинированный шаблон.

Применение таких шаблонов в условиях ремонта ограничено, во-первых, необходимостью изготовления такого шаблона для каждого отдельного типа, а во-вторых, тем, что форма такого шаблона весьма сложная и изготовление его занимает много времени и требует специальных приспособлений.

Подобный шаблон изображен на рис. 38. К доске *А* из 5—6-слойной фанеры с обеих сторон прикреплены по одному де-

Рис. 37. Универсальный комбинированный шаблон.

ревянному бруску *Б*, размеры которого соответствуют лобовой и пазовой частям катушки. На расстоянии *a*, равном ширине катушки, расположены деревянные планки *В*. Расположение бруска и планок снизу доски показано пунктиром. Как видно, здесь очертания шаблона имеют вид готовой якорной катушки. Укладка проводников здесь может быть только горизонтальной. Изготовление такого шаблона несложное, применение его целесообразно в случае, если проводник, идущий для намотки, имеет большой диаметр (2—3 *мм*). Катушки, изготовленные на таком шаблоне, имеют вполне однообразную форму.

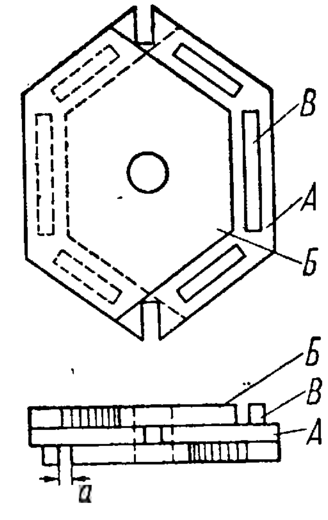


Рис. 38. Шаблон.

15. ПРОИЗВОДСТВО КАТУШЕК.

а) Намотка проволочных катушек.

Так как обычно катушка содержит в себе несколько секций обмотки, намотка производится одновременно с нескольких бухт.

Бухты *А* (рис. 39) располагают на некотором расстоянии от шаблона *Б*, вращая который, наматывают требуемое число витков.

Для натягивания проводника при намотке служит зажим *В*. Он состоит из двух деревянных планок с заложенными между

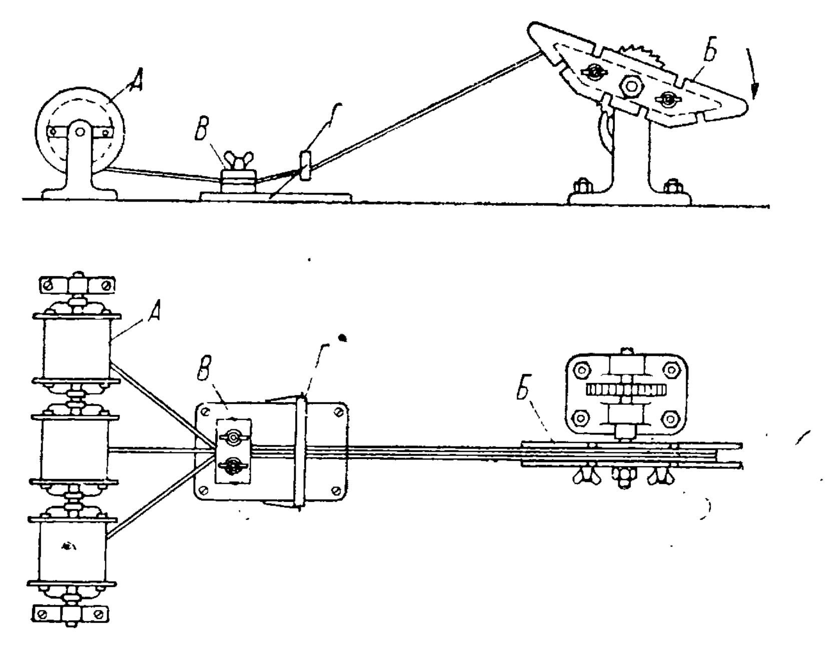


Рис. 39. Намотка проволочных секций.

ними прессшпановыми или фибровыми прокладками. Для тонких проводников до 0,5 *мм* диаметром вместо прессшпана подкладывают сукно или войлок. Дощечка *Г* служит для правильного направления проводников; она имеет ряд отверстий, сквозь которые пропускаются проводники.

Для того, чтобы бухты с проводником не раскручивались, во время намотки применяют тормоз.

По окончании намотки витки катушки перевязываются веревкой или ленточкой; для этой цели в деревянных оправках имеются вырезы.

Катушки, намотанные на простых шаблонах, после намотки

имеют вид петли; для получения необходимой формы их растягивают.

В условиях ремонтной мастерской растягивание катушек может быть сделано с помощью примитивных приспособлений. На рис. 40, *а* изображен способ растягивания в тисках; одна из сторон катушек зажимается в тиски *Б* с помощью двух деревянных планок, длина которых соответствует пазовой части. Эта длина должна быть больше длины железа якоря не менее чем на 15 *мм* для якорей напряжением до 300 V и не менее 20 *мм* для якорей до 500 V. Другая пазовая часть вставляется в деревянную планку *К* с вырезом, после чего катушку вручную растягивают.

Другой весьма простой способ растягивания катушек показан на рис. 40, *б*. Здесь одна сторона ее закладывается в паз,

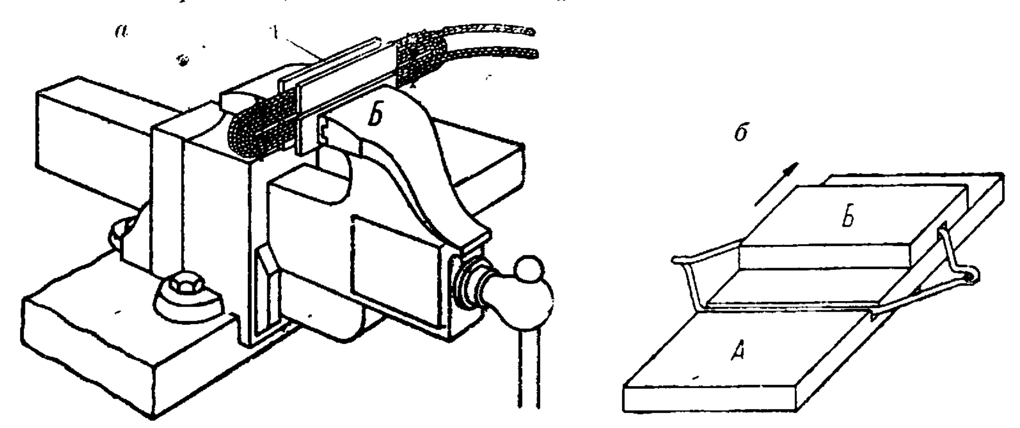


Рис. 40. Разные способы растягивания катушек.

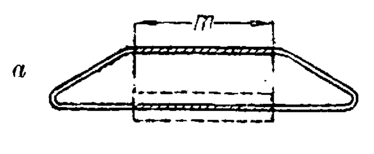
вырезанный в доске *А*, другая сторона закладывается в вырез планки *Б*. Передвигая планку *Б* по доске, растягивают катушку.

При растягивании следует следить за тем, чтобы закладываемая в планки часть катушки *m* (рис. 41) находилась на средине. В случае формы секции по рис. 41, *а* на прямой части заготовки нижняя пазовая часть должна равняться верхней и находиться точно под ней.

Если секция имеет вид по рис. 41, *б*, то пазовые части *m* должны быть на равном расстоянии *а* от головок катушки. На рис. 41, *в* и *г* показаны могущие быть случаи сдвига пазовых частей при растягивании, в результате чего катушки получаются неодинаковыми, и некоторые из них вообще не смогут быть употреблены в дело.

Во избежание этого следует заранее (перед началом разводки) пометить пазовую часть карандашом.

Универсальное приспособление для растягивания катушек, описанное ниже, может быть с успехом применено в ремонтных мастерских, так как изготовление его несложно.



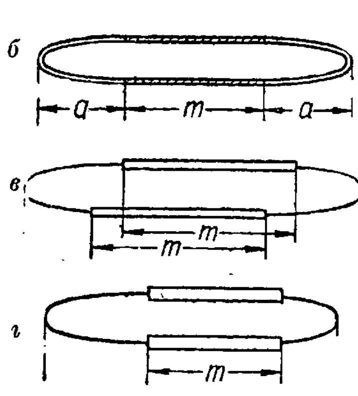


Рис. 41. Зажим пазовой части.

На рис. 42 изображено принципиальное устройство такого приспособления. Две штанги *А* могут вращаться вокруг оси *Б*. По длине штанги устанавливаются упоры *В*

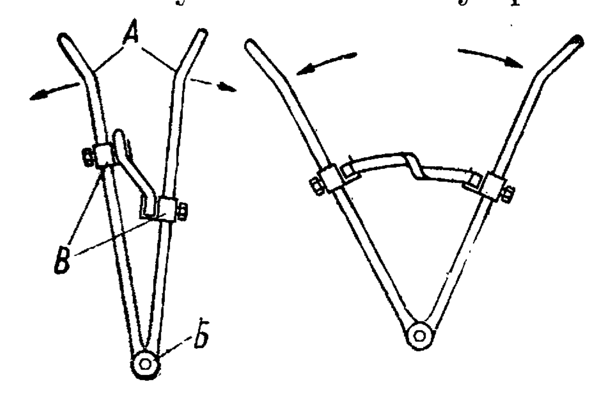


Рис. 42. Приспособление для растягивания катушек.

для закладывания пазовой части катушки. С помощью болта упор закрепляется на требуемой высоте на штанге. Высота нижнего упора примерно равна радиусу якоря по низу пазов его.

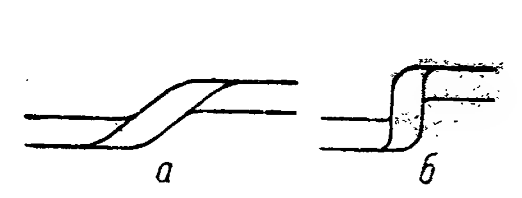


Рис. 43. Головки катушек.

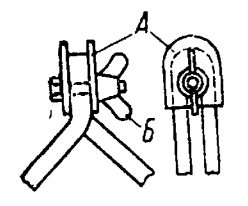


Рис. 44. Крепление и выравнивание головки катушки.

После растягивания пазовые части получают нужный уклон по радиусу якоря, что является несомненным преимуществом этого приспособления.

Выбрав подходящие размеры штанг, можно получить приспособление, пригодное для всех проволочных катушек, могущих встретиться на практике.

При растягивании катушек на таком приспособлении го-

ловки их обычно принимают форму по рис. 43, *а*; если желают получить более правильную форму (рис. 43, *б*), то перед растягиванием на головки надевают две гладких железных щеки *А* (рис. 44), скрепленных барашком *Б*.

На электромашиностроительных заводах для намотки катушек пользуются специальными станками с прикрепленными к ним универсальными шаблонами, как это указано на рис. 37.

б) Намотка катушек из прямоугольной (ленточной) меди.

Намотка таких катушек аналогична намотке проволочных.

При намотке ленточных катушек приходится медную ленту гнуть на ребро.

Применяемая для этой цели оправка изображена на рис. 45, *а*. Она состоит из железного сердечника *А*, головки которого состоят из нескольких железных планок, и щек *Б* и крепятся к сердечнику барашками *В* и шпильками *Г*. Планки и щеки образуют щель для укладки лобовой части секции, причем ширина щели делается равной суммарной толщине всех проводников, образующих секцию.

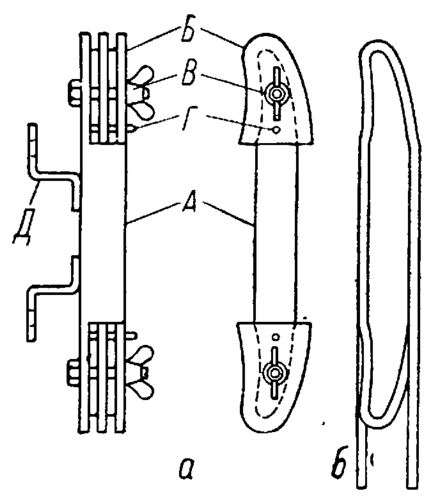


Рис. 45. Шаблон для ленточной меди.

Планки и щеки *Б* могут иметь закругление, как это указано на рисунке. Это делается для того, чтобы сразу же придать радиусы изгиба лобовым частям секции. Намотанная на таком шаблоне секция показана на рис. 45, *б*.

Намотка должна производиться либо на обмоточном, либо на токарном станке, причем шаблон с помощью лап *Д* укрепляется на планшайбе станка.

При намотке проводники должны сильно натягиваться, что достигается с помощью зажима так же, как при намотке проволочных катушек (рис. 39).

В зависимости от числа секций в катушке намотка делается одновременно с двух, трех или четырех катушек.

Намотка катушек из ленточного проводника несколько сложнее, чем намотка из круглого проводника, так как при этом требуется хороший натяг проводника и укладка его в вы-

резы соответствующих частей шаблона. Если последние будут слишком просторны, головки секций будут неизбежно сгибаться на сторону.

При укладке проводников в вогнутую часть шаблона они уколачиваются ударами молотка на медной пластине.

При намотке изоляция проводника на головках неизбежно повреждается, что требует последующей изолировки головок. В некоторых случаях во избежание этого такие секции наматываются из голого проводника и после намотки каждый виток изолируется.

Растяжка таких катушек производится такими же способами, как и проволочных (см. выше).

в) Ремонт и изготовление стержневых секций.

Если производится перемотка якоря со стержневой обмоткой, то старые секции почти всегда используются. Это вызывается, с одной стороны, тем, что размеры стержней бывают различные, и в условиях ремонтной мастерской нет возможности иметь в запасе все могущие встретиться сечения прямоугольной меди, с другой стороны — тем, что изготовление вновь стержневых секций более сложно, чем проволочных.

Ремонт стержневых секций сводится главным образом к восстановлению изоляции их. При снятии обмотки с якоря необходимо все стержни, составляющие катушку, связать вместе.

После этого выправляют пазовые части стержней ударами молотка через фибровую подкладку и вычищают концы их.

Перед удалением стержневых секций из пазов якоря рекомендуется пометить, из какого паза удалена нижняя сторона данной секции. При переизолировке секции следует связывать вместе те стержни, которые составляют секцию.

Выправленные стержни изолируют тонкой лентой таким образом: после изолировки одного комплекта стержней, составляющих катушку, изолируют их вместе тонкой батистовой лентой и примеряют ее в пазу.

Если сторона катушки содержит три стержня, то можно внутренний стержень изолировать лентой впритык или даже оставлять пазовую часть его вовсе неизолированной при условии, что вся сторона катушки будет изолирована лентой.

После того как требуемая толщина изоляции стержня и катушки достигнута на пробной катушке, изолируют всю обмотку.

Если в числе старых секций будут обнаружены такие, медь которых повреждена, например выгорела, оплавилась или обломлена, следует надставить поврежденный стержень новым проводником.

Спайку надежней производить серебром впритык, для чего место спая срезается наискось и зачищается, спаиваемые концы зажимаются в зажимы, причем один из концов зажимается наглухо, а другой с некоторой слабиной. Место спая нагревается горелкой до малинового цвета, после чего его посыпают бурой и продолжают нагревать до светлокрасного цвета. Как только место спая нагреется, быстро прикладывают к нему кусок серебряного припоя, который плавится и заливает стык.

У остывшей пайки напильником снимают слой буры и окалины и опиливают пайку до нормальных размеров меди.

Пайка оловом много проще и может быть также применена при ремонте. При этом тщательно вычищенные концы

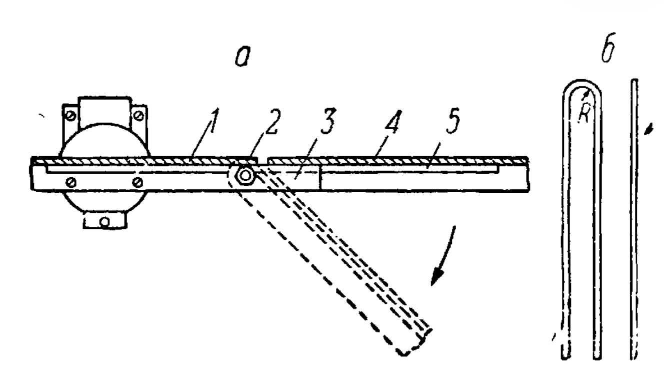


Рис. 46. Приспособление для изгиба стержней.

соединяются впритык и на них надевается тонкая трубочка с прорезью посередине. Место пайки нагревается паяльником, очищается канифолью и заливается оловом. Канифоль можно брать в виде раствора в спирту.

Пайка стержней должна производиться без применения кислот и только на лобовых частях. Употребляемая для надставки медь должна иметь то же сечение, что и сечение стержня.

В заключение рассмотрим процесс изготовления стержневых секций.

Первая операция заключается в нарезке заготовки, длина которой равна полной выпрямленной длине секции. Лучше делать заготовку на 50—100 *мм* больше, чем выправляемая длина секции.

Следующая — вторая — операция является наиболее трудной и заключается в изгибе головки стержня на ребро.

Простейшее приспособление, которое может быть применено для этой цели в условиях ремонта, показано на рис. 46, *а*.

Два железных угольника, из которых один (*1*) зажимается в тиски, а второй (*4*) — подвижной — скрепляется болтом *2*. Между угольниками закладывается стержень 5, после чего на болт сверху накладывается пластинка *3*, и все скрепляется гайкой. Поворачивая угольник *4* в направлении стрелки, как это указано пунктиром, изгибаем стержень на ребро.

После этой операции заготовка имеет вид, указанный на рис. 46, *б*. Радиус закругления головки равен ½ диаметра болта *2*.

Третья операция заключается в придании стержню формы, указанной на рис. 47, *а*. Это может быть сделано с помощью

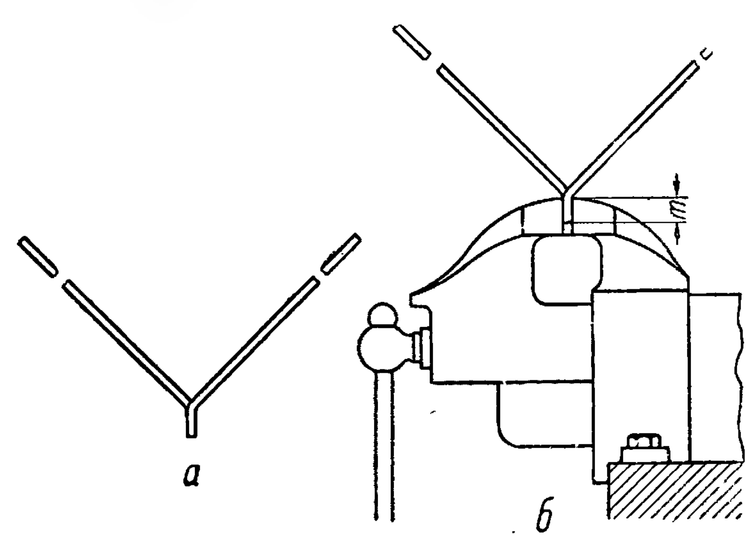


Рис. 47. Изготовление секции. 3-я операция.

тисков (рис. 47, *б*). При этом следует внимательно следить за тем, чтобы размер *m* зажимаемой в тиски головки был равен для всех секций, для чего следует предварительно наметить все секции шаблоном.

Изгибание углов лобовых и пазовых сторон секций может быть достигнуто двумя способами. В первом случае работа производится с помощью деревянного шаблона, изображенного на рис. 48. Шаблон этот состоит из основания *А*, сердечника *Б* и упоров *c* и *d*. Сердечник имеет очертание секции.

Стержни закладываются в вырез упора *b* (рис. 48), после чего концы их сгибают по бокам сердечника, как указано пунктиром, и обколачивают стержни молотком через фибровую прокладку (цифрами указана последовательность операций).

Аналогичный шаблон может быть применен для волновых

секций, но с соответствующим изменением положения упоров *c* и *d*.

При работе на таком шаблоне одновременно сгибают все стержни, образующие катушку; это необходимо для получения правильной формы секции.

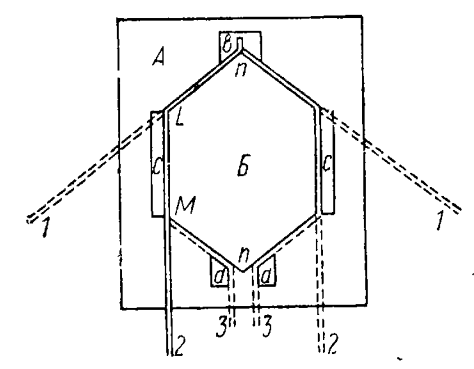


Рис. 48. Изготовление секции. 4-я операция.

Размеры таких шаблонов выбираются в соответствии с размерами катушки; вырез в упоре соответствует толщине головки катушки; сторона *ML* равна длине пазовой части.

Для получения размеров шаблона при ремонте выправляют одну наиболее сохранившуюся катушку, затем между двумя планками выпрямляют изгибы лобовых частей и, после того как катушка будет выпрямлена, укладывают ее на кусок прессшпана и обводят внутреннюю часть карандашом. Полученная фигура будет соответствовать размерам сердечника. Высота его должна быть равна примерно тройной высоте стержня.

Изгибание углов стержневой секции может быть также сделано с помощью универсального приспособления. Наличие такого приспособления в ремонтной мастерской весьма желательно, так как оно позволяет изготовлять стержневые секции для всех типов машин постоянного и переменного токов.

Подобное приспособление изображено на рис. 49.

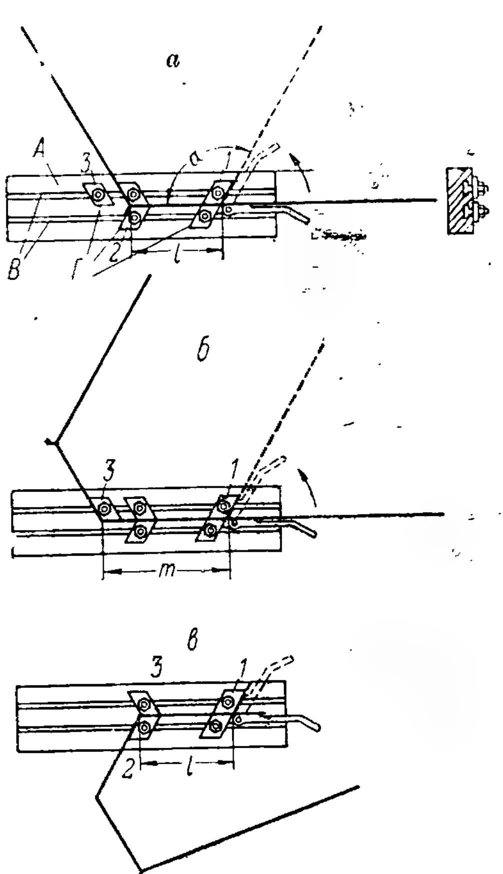


Рис. 49. Приспособление для изгибания углов стержней.

Оно состоит из металлической плиты *А*, по всей длине которой сделаны два паза *В*, расширяющиеся книзу. На одном краю плиты укреплена рукоятка, вращающаяся вокруг оси. По пазам могут перемещаться металлические пластины *Г*; имеющие вид ромба; в центрах их имеются отверстия, через которые проходят болты. Головки болтов находятся в нижней части паза. С помощью гайки пластины могут закрепляться.

Работа на этом приспособлении производится следующим образом. Стержни закладываются между упорами, причем головка ставится вплотную к упору *2* (рис. 49, *а*). Затем поворачивают рукоятку в направлении, указанном стрелкой, и тем самым изгибают стержни, как указано пунктиром. При этом расстояние *l* между краями упоров *1* и *2* равно длине верхней или нижней лобовой части секции, а тупой угол

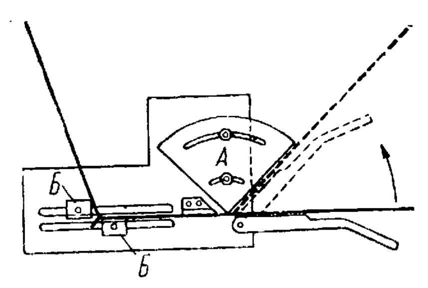


Рис. 50. Приспособление для изгибания углов секции.

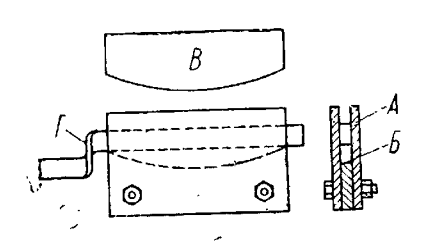


Рис. 51. Изгиб лобовой части

упора α равняется углу между пазовой и лобовой частями секции.

Изогнутая таким образом секция вставляется между упорами, как указано на рис. 49, *б*. При этом расстояние *m* между краями этих упоров *1* и *3* равно длине пазовой части. С помощью рукоятки конец секции изгибается, и она принимает вид, указанный пунктиром.

После этого закладывают секцию, как указано на рис. 49, *в*, между упорами *1* и *2* и отгибают концы ее. Подобным образом изгибают углы на второй половине секции.

Описанное приспособление применяется на всех электромашиностроительных заводах. Единственной сменной частью здесь является упор *1*, угол которого меняется в зависимости от угла секции.

Несколько упрощенное приспособление подобного типа показано на рис. 50. Здесь вместо ромбовидного упора имеется сектор *А*, передвигая который, получают разный угол сгиба. Упорами здесь служат угольники *Б*. Однако такое приспособление дает менее точные размеры стержней.

Чтобы придать лобовым частям необходимый изгиб, пользуются простым приспособлением, указанным на рис. 51.

Между двумя металлическими пластинками *А* помещена третья пластина *Б*, ширина которой равна ширине секции, а радиус изгиба соответствует изгибу лобовой части. В щель между пластинами вставляется лобовая часть секции *Г*, которая затем изгибается благодаря удару по выпуклой пластине *В*.

г) Изолировка катушек и стержней.

Как уже упоминалось, пазовая часть катушек нормальных машин обычно изолируется слоем промасленного или английского полотна, причем до изолировки лентой пазовую часть обертывают одним или двумя слоями полотна. Стык полотна следует располагать с той стороны катушки, которая будет обращена к низу паза. После обертывания полотно временно прихватывают в нескольких местах лентой.

Совершенно аналогично производится изолировка и в том случае, если вместо полотна обертывают пазовую часть прессшпаном или миканитом.

Изолировка катушек лентой может быть сделана либо до растягивания, либо после. Катушки, изготовленные из тонкого проводника, лучше изолировать до растягивания; секции из более толстого проводника (1,5—3 *мм* диаметром) предпочитают изолировать после растягивания.

Иногда перед растягиванием изолируют катушки временно лентой для скрепления витков, а после растягивания снимают временную изолировку и снова изолируют. Это обеспечивает проводники от сдвига при растягивании.

Для изолировки катушек лентой на заводах употребляются специальные станки. При отсутствии станка изолировка производится вручную.

Различают несколько видов изолировки лентой. На рис. 52, *а* изображен наиболее широко применяемый вид изолировки. Здесь каждый следующий оборот ленты ложится примерно на половину предыдущего. Такая изолировка называется полной «нахлесткой»; общая толщина ее равна двойной толщине ленты.

На рис. 52, *б* изображена изолировка «вполнахлестки». Здесь перекрывается четверть предыдущего слоя. Третий вид изолировки, применяемый иногда только для пазовых частей, показан на рис. 52, *б*. Здесь новый виток ленты ложится рядом с предыдущим, не захватывая его. Такая изолировка называется изолировкой «впритык»; толщина ее равна ординарной толщине ленты. Иногда изолируют лентой впритык

сначала один слой, а затем на него наматывают второй. Такая изолировка дает меньше морщин.

При изолировке всегда следует начинать обматывать лентой с той части секции, которая будет лежать вне паза.

Конец ленты подклеивается лаком или шеллаком.

Особенное внимание следует уделить изолировке пазовой части секции, так как малейшее увеличение размеров ее может послужить причиной невозможности правильной укладки катушки в паз. Здесь особо внимательно следует следить, чтобы проводники лежали правильными рядами, не перекре-

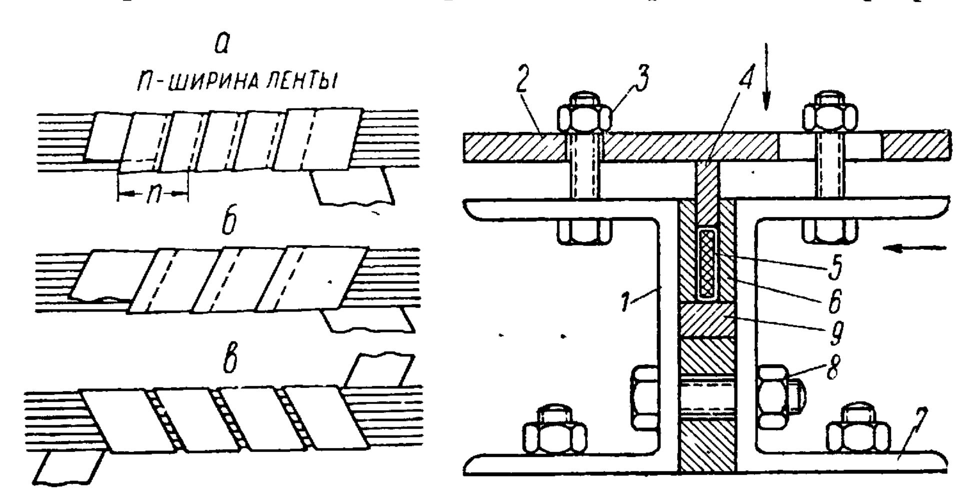


Рис. 52. Способы изолировки лентой.

Рис. 53. Приспособление для опрессовки пазовой части.

щивались; чтобы пазовая изоляция не морщилась, не сбивалась и т. п. Так же внимательно следует изолировать выходящие из секции концы, не перекрещивать их в месте выхода и следить, чтобы в случае, если на них надеты наконечники из пряжи («чулки»), они были плотно укреплены под лентой.

После изолировки рекомендуется пропитать катушки лаком (см. ниже).

Проверка расположения концов секций производится с помощью контрольной лампы. При этом рекомендуется пометить цветными карандашами концы отдельных секций с тем расчетом, чтобы начало и конец одной секции были помечены одним цветом. Это впоследствии облегчит закладку концов в коллектор.

Опрессовка пазовой части миканитом или бакелитовой бумагой широко применяется за последнее время на электро-

машиностроительных заводах. Для этой цели обмоточные цеха заводов применяют специальные станки.

При ремонте опрессовку производят следующим образом. Пазовую часть катушки оборачивают требуемое количество раз полосками из миканита или бакелита, предварительно промазанными шеллаком или бакелитовым лаком. Затем катушку временно обматывают миткалевой лентой.

Обертку следует производить таким образом, чтобы швы располагались на нижних частях стороны секции.

На рис. 53 изображено устройство простейшего приспособления для опрессовки пазовой части. Оно состоит из двух кусков коробчатого железа, из которых один (*1*) укреплен неподвижно, а второй (7) может свободно перемещаться; наружные поверхности их должны быть тщательно обработаны. Обернутая изоляцией секция *5* помещается между пластинами *6* и *9*, размеры которых выбираются в соответствии с размерами паза. Сверху на секцию давит пластина *4*.

После обертывания катушки изоляцией помещают пазовую часть ее в предварительно нагретое до 100—110° Ц приспособление и затем, затянув болты *3* и *8*, прессуют ее.

Затягивание болтов следует делать очень равномерно, так как в противном случае неизбежны перекосы и искажение размеров катушки.

д) Изолировка якоря.

Перед укладкой обмотки все детали якоря, соприкасающиеся с обмоткой, должны быть изолированы.

Прежде всего изолируют обмоткодержатели, на которые будут укладываться лобовые части катушек. Если изоляция обмоткодержателя не повреждена, то можно ограничиться только чисткой и покрыванием ее лаком.

Изолировка обмоткодержателей производится путем обертывания их полосками прессшпана или миканита и ленты. Если обмоткодержатели имеют простую цилиндрическую форму (рис. 54, *а*), то для изолировки употребляют нарезанные из прессшпана или миканита полоски по ширине обмоткодержателя. Изолировка обмоткодержателей цилиндрической формы производится следующим образом. Сначала на обмоткодержатель наматывают два-три оборота бумажной ленты и смазывают ее шеллаком или быстросохнущим асфальтовым лаком; затем под ленту подкладывают полоски изоляции и обертывают их вокруг обмоткодержателя, все время натягивая ленту. Когда нужное число слоев положено, обматывают их концом ленты, которую закрепляют и густо покрывают лаком.

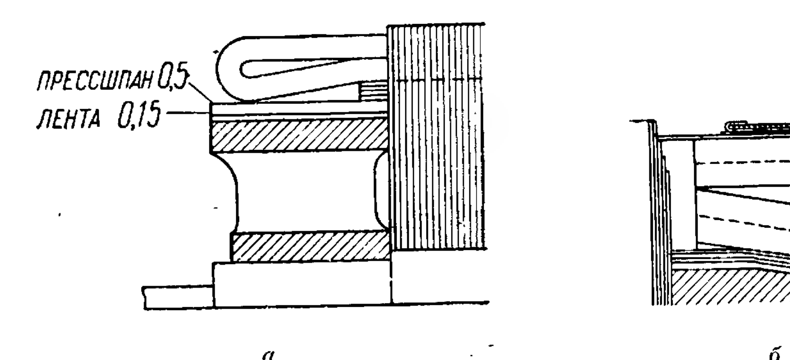
Диаметр изолировки берется такой же, как и прежде; если

же нет старого размера, то выбирают диаметр, исходя из тех соображений, что высота уложенных на нее головок катушек должна быть на несколько миллиметров ниже железа якоря.

Особенно внимательно следует выбирать диаметр изолировки в случае волновой обмотки. Здесь диаметр должен быть взят с тем расчетом, чтобы поместить два ряда концов, идущих к коллектору.

При фигурных обмоткодержателях (рис. 54, *б*) изоляцию делают из отдельных полосочек, укладывая их параллельно оси якоря в шахматном порядке, скрепляя лентой и прогревая утюгом.

Во всех случаях рекомендуется непосредственно у паза класть полоски из миканита или прессшпана шириной 5—



а *б*

Рис. 54. Изолировка обмоткодержателя.

10 *мм* с лентой до высоты паза, как указано на рис. 55. Это предохранит от пробоя изоляции на углах пазов в месте выхода секции.

Одновременно с изоляцией обмоткодержателей изолируется место у коллектора для укладки концов катушек. В случае проволочных обмоток обычно перекрывают щель между коллекторной втулкой и обмоткодержателем полосками из прессшпана или миканита. При стержневых обмотках этого иногда не делают.

Если обмотка делается из тонкого проводника, то на заднем изоляционном кольце коллектора из полосок прессшпана с лентой делают подушку *А* (рис. 56), высота которой берется с тем расчетом, чтобы уровень был несколько выше глубины фрезеровки в пластинах коллектора.

Для изолировки следует применять только проваренный в олифе прессшпан или миканит и ленту, предварительно пропитанную изоляционным лаком (см. ниже).

Изолировка пазов достигается путем прокладки V-образных полосок прессшпана, латероида или миканита. Изоляция ставится такая же, как и прежде; если пазовые секции изолированы промасленным полотном или опрессовкой, то обычно достаточно бывает одного слоя прессшпана или латероида толщиной 0,2—0,3 *мм*.

Если позволяет место в пазу, на дно паза кладется полоска прессшпана, что предохраняет от повреждения изоляции. При употреблении прессшпана его необходимо предварительно проварить в олифе; при этом проваривать следует не заготовку, а уже согнутые по пазу коробочки.

Изоляция паза должна выступать с краев железа не менее чем на 5—8 *мм* для якорей до 300 V и не менее чем на 8—10 *мм* для якорей до 500 V напряжением. Для удобства закладки изоляция паза должна быть выше железа не менее чем на 10—15 *мм*.

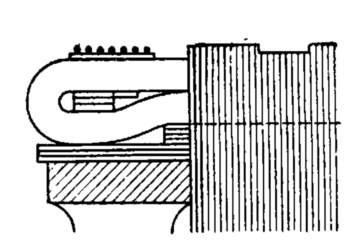


Рис. 55. Изолировка лобовых частей катушки.

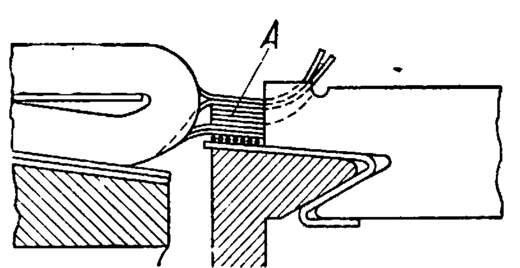


Рис. 56. Укладка концов в коллекторе.

16. ЗАКЛАДКА КАТУШЕК.

а) Закладка проволочных катушек.

Перед началом вкладывания катушек следует примерить, как помещаются ее стороны в пазу. Для этого закладывают в паз нижнюю сторону какой-либо катушки и затем кладут туда же верхнюю сторону другой катушки. При этом катушки должны входить в паз плотно от руки или с помощью легких ударов через фибровую планку. Если катушки входят слишком свободно, то следует проложить еще одну или две изоляционные прокладки в пазу; если же катушки идут слишком туго, то требуется опрессовать пазовую часть их между деревянными планками в тисках, посмотреть, нет ли сборок и морщин ленты, подтеков лака и т. д.

Иногда для облегчения закладки смазывают парафином пазовые части катушек.

Во всяком случае не следует начинать намотку до тех пор,

пока не будет достигнута возможность более или менее свободного вкладывания катушек в паз. В противном случае следует снять пазовую часть изоляции катушки, осмотреть, не перекрещиваются ли проводники, и заизолировать катушку вновь.

Забивать же сторону катушки в паз сильными ударами молотка ни в коем случае не следует: обмотка, выполненная таким образом, не дает никакой гарантии хорошего качества.

Укладка катушек в пазы при петлевой обмотке производится следующим путем. Сначала укладывают только нижние стороны катушек, постепенно заполняя пазы. После того как нижними сторонами заполнены пазы на протяжении шага по пазам, можно одновременно укладывать и верхние стороны катушек. По мере закладывания нижних сторон катушек все время плотно обколачивают их лобовые части и равномерно укладывают их головки с тем расчетом, чтобы расстояние l (рис. 57) было везде одинаково.

После закладки всех нижних концов закладывают оставшиеся верхние; при этом если позволяет место в пазу, то между сторонами катушек по всей длине паза подкладывают полоски прессшпана толщиной от 0,3 до 1 *мм*.

Одновременно на лобовых частях между сторонами катушек закладывают полоску прессшпана *А* (рис. 57). Эта прокладка должна лежать по всей окружности.

Укладываемые стороны катушек осаживают на дно паза легкими ударами молотка через фибровую или деревянную пластинку.

Углы секции, выходящие из паза, часто теряют свою форму. После закладки их следует выровнять с помощью клина и молотка. По мере укладки следует также все время выравнивать лобовые части.

В тех случаях, когда закладка верхних сторон катушек затруднена, можно воспользоваться для закладки гладко отполированной пластинкой из железа в виде лопатки (рис. 58а). Работа с ней производится, как указано на рис. 58б.

Закладка концов в коллектор при петлевой проволочной обмотке обычно производится после полной укладки катушек в пазы.

При закладке катушки в первый паз, помеченный при разборке для сохранения относительного положения секции и коллекторных пластин, следует сразу же заложить нижние концы этой секции в коллекторные пластины (см. выше).

При волновой обмотке одновременно с укладкой нижних сторон катушек в паз производят укладку нижних концов в коллектор.

Нижние концы секций рекомендуется укладывать в коллекторные пластины в том порядке, как они выходят из катушки; следует при этом следить, чтобы они не перекрещивались. Пользоваться контрольной лампой при закладке нижних концов не требуется.

Непосредственно у коллектора концы следует перекладывать пропитанной полотняной лентой в две полосы (рис. 59). Такая перекладка концов необходима во избежание могущих быть соединений между ними, так как изоляция их у коллектора на некотором расстоянии всегда бывает повреждена.

Постепенно закладывая нижние стороны катушек, одновременно закладывают концы в коллектор, и таким образом

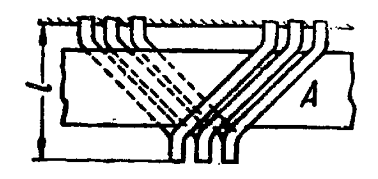


Рис. 57. Укладка катушек (вид сверху).

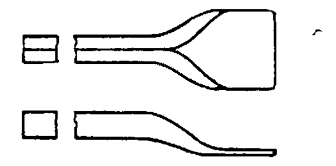


Рис. 58 а. Пластинка для закладки.

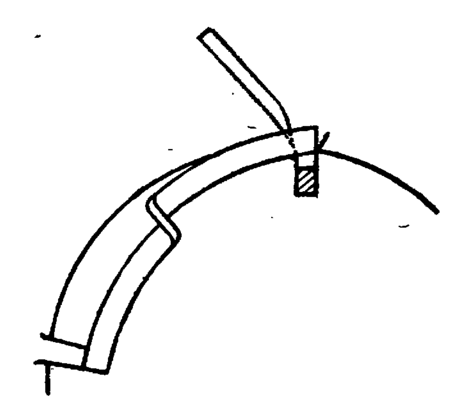


Рис. 58 б. Закладка верхних сторон катушек.

после укладки нижней стороны последней катушки в паз все нижние концы оказываются уже заложенными в пластины коллектора.

До укладки верхних сторон катушек в пазы следует проложить полоску из двух-трех слоев прессшпана или пропитанного полотна между нижними концами и лобовыми частями катушек и укрепить ее несколькими оборотами ленты.

Укладка верхних сторон катушек в паз при волновой обмотке ничем не отличается от вышеописанной укладки при петлевой обмотке.

Некоторые затруднения представляет укладка верхних концов катушек в коллектор при волновой обмотке, так как этим концам приходится пересекать лобовые части соседних катушек, причем если катушки не имеют двойной головки, то приходится сразу же круто изгибать концы секций по выходе из паза. Во избежание повреждения изоляции рекомендуется

в этом месте подкладывать кусочек какого-либо изоляционного материала.

Перед началом укладки концов следует тщательно выровнять лобовые части катушек и осадить их легкими ударами молотка через деревянную или фибровую подкладку. Затем стягивают их миткалевой лентой и окончательно выравнивают с той целью, чтобы придать всей передней части цилиндрическую поверхность. Неприключенные концы секций при этом отгибают вверх.

Укладка верхних концов производится в следующем порядке. Находят первую из помеченных коллекторных пла-

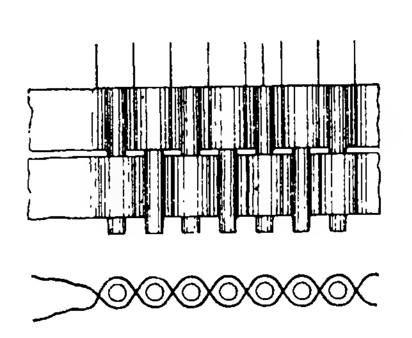


Рис. 59. Изолировка концов у коллектора

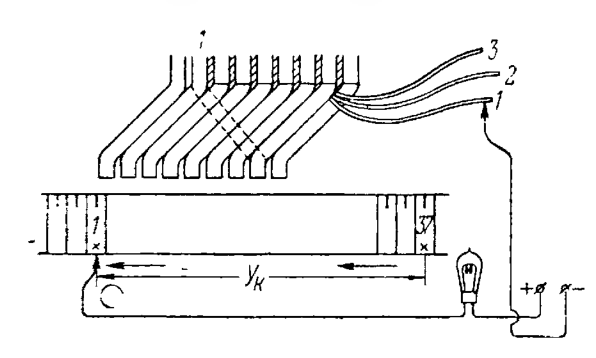


Рис. 60. Закладка концов секций в коллектор волновых обмоток.

стин, в которую заложен нижний конец первой секции; отсчитывают по коллектору согласно шагу определенное число пластин и намечают пластину, в которую должна быть заложена верхняя сторона этой (первой) секции.

После этого, касаясь одним концом контрольной лампы коллекторной пластины *1* (рис. 60), другим концом касаются концов первой катушки и находят тот из них, который горит. Такой конец должен быть только один, и если лампа будет гореть при соприкосновении с несколькими концами, это укажет на то, что где-то концы соединяются. Само собой разумеется, что перед началом закладки все верхние концы должны быть расправлены и не касаться друг друга.

Когда лампа не горит при соединении со всеми остальными концами, закладывают конец *1* в коллекторную пластину, отстоящую от первой на расстояние шага по коллектору.

Затем переставляют конец от контрольной лампы к пластине *2* (рис. 60) и точно так же находят верхний конец. Отсчитывать пластины теперь уже не требуется, так как второй верхний конец кладется в соседнюю пластину.

Таким же способом проверяются все концы.

Если есть сомнение, что пропущена одна из пластин, следует снова проверить обмотку с помощью лампы.

При петлевой обмотке укладка концов может быть сделана после того, как катушки окончательно заложены в пазы якоря. Благодаря тому, что шаг по коллектору при петлевой обмотке всегда равен 1—2 и концы выходят из катушек непосредственно у головок, укладка концов в коллектор здесь значительно упрощается.

Работа может быть сделана двумя путями. В первом случае сначала закладывают все нижние концы, перекладывая их лентой, как указано на рис. 59, и затем изолируя по всей окружности полосками пропитанного полотна и ленты.

При закладке нижних концов контрольной лампы не требуется; следует только не перекрещивать концов секций и следить, чтобы изоляция их не была повреждена.

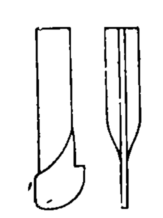


Рис. 61. Инструмент для закладки концов секции.

Закладка верхних концов производится при помощи контрольной лампы с соблюдением тех же условий, что и для волновых обмоток. Здесь также следует начинать с концов первой секции, заложенной в помеченные при разборке пазы. Одним концом контрольной лампы касаются коллекторной пластины *1*, другим пробуют верхние концы первой секции. Найдя тот конец, который «горит на лампу» (остальные не должны гореть), закладывают его в соседнюю справа или слева коллекторную пластину. В первом случае получим неперекрещивающуюся (правую) обмотку, во втором — перекрещивающуюся (левую). Та или другая обмотка делается в зависимости от бывшей ранее схемы.

По мере закладки концы перекладываются лентой.

При другом способе закладки постепенно укладывают нижние и верхние концы каждой секции. Укладка также производится с помощью контрольной лампы.

Закладывание проводника в вырезы (шлитцы) пластин производится с помощью инструмента, показанного на рис. 61. Конец его имеет полукруглую форму, соответствующую полукруглой форме шлитца пластины. Молотком забивают проводники в шлитц, а после закладки всех проводников лишние концы их обрубают острым зубилом или ножом.

б) Закладка стержневых секций.

Стержневая обмотка обычно легче укладывается в пазы, так как этому способствует прямоугольная форма сечения секции.

При закладке секций нижние концы ее обычно сразу же

укладываются в соответствующие перья коллектора. Что касается изолировки их, то здесь переплетания лентой в большинстве случаев не требуется. Для изоляции между сторонами секций, так же как и в случае проволочных обмоток, в лобовых частях прокладывается полоска миканита.

При укладывании стержневых секций в пазы все время следует выравнивать лобовые части их с той целью, чтобы головки секций располагались ровно на одной линии и углы секций, выходящие из паза, были равны. Это достигается путем подколачивания обмотки с помощью клина и молотка.

Некоторую трудность представляет закладка волновой обмотки в тех случаях, когда элементы ее состоят из нескольких (2—3) витков. Здесь затруднение бывает из-за укладки концов стержней, идущих к коллектору, так как им приходится пересекать передние лобовые части секций.

Места пересечения и изгиба концов секций при выходе их из паза должны быть тщательно произолированы и иметь прокладки во избежание порчи изоляции.

Между верхним и нижним рядом стержней помещаются прокладки из промасленного полотна или прессшпана.

Дать сколько-нибудь исчерпывающие указания по работе с такой обмоткой невозможно. Здесь следует только упомянуть, что стержневая обмотка с элементами из нескольких витков наиболее подвержена повреждениям изоляции между витками при намотке.

Закладка верхних концов стержней в коллектор производится с помощью контрольной лампы так же, как это было указано выше. Обычно после закладки первого верхнего конца закладка остальных концов не представляет никаких затруднений, так как стержни расположены в определенном порядке и не имеют возможности скручиваться. Контрольная лампа здесь служит не для отыскания конца, а только для проверки.

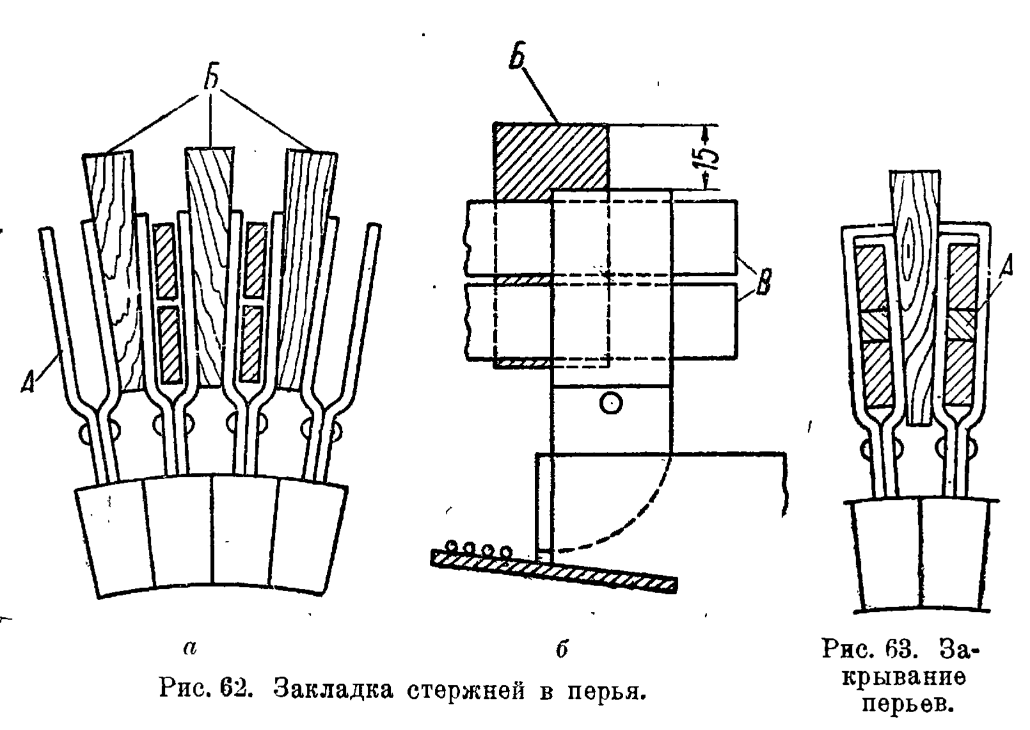
Так как перья коллектора *А* (рис. 62, *а*) после закладки нижних концов несколько расширяются и касаются друг друга, то после закладки верхних концов необходимо между ними поставить прессшпановые или деревянные клинья *Б*, как это указано на рис. 62. Клинья должны перекрывать половину пера для удобства пайки. Они должны быть заготовлены заранее и должны быть на 5—8 *мм* выше перьев. Если расстояние между перьями в верхних концах менее 1,5 *мм*, то вместо клиньев употребляют прессшпановые прокладки соответствующей толщины.

Заложенные в перья верхние концы стержней должны плотно подходить к нижним. Если между ними имеется зазор,

то здесь прокладывается кусочек луженой меди *А* (рис. 63) соответствующих размеров.

Концы стержней осаживаются в перьях с помощью тонкого железного клина, после чего одновременно ударами молотка по деревянным клиньям зажимают стороны перьев.

После того как стержни осажены в перьях и между ними нет просвета, закрывают верхнюю часть пера вперекрой, как



а *б*

Рис. 62. Закладка стержней в перья.

Рис. 63. Закрывание перьев.

это указано на рис. 63, и плотно осаживают деревянные клинья.

Следующей операцией является отрезка лишних концов стержней, выходящих за перья. Отрезку лучше всего производить на токарном станке, так как тогда получается ровная поверхность. Можно также отрезать лишние выступающие концы ножовкой, но тогда труднее сделать подрезку ровной.

После подрезки тщательно удаляют стружки и опилки и затем проверяют обмотку якоря.

17. ИСПЫТАНИЕ ОБМОТОК.

После закладки концов секций в коллектор до запайки обмотки рекомендуется проверить правильность обмотки. Та-

кая проверка даст возможность во-время заметить допущенные дефекты, причем устранить их в этот момент проще всего, так как концы секций еще не запаяны и обмотка не закреплена в пазу окончательно.

Проверка обмотки в таком виде применяется почти повсеместно на электромашиностроительных заводах, причем производится испытание прочности изоляции по отношению к корпусу, проверка правильности схемы с помощью милливольтметра и проверка на «витковое» на испытательном магните.

По нормам ЦЭС испытание прочности изоляции у готовой собранной машины производится переменным током в 50 периодов. Напряжение выбирается согласно табл. 6.

Таблица 6. **Значение испытательного напряжения.**

№ по пор.	Наименование машины	Стационарное испытательное напряжение
1	Машины мощностью менее 1 kW[1]	Двойное номинальное напряжение + 500 V
2	Машины мощностью от 1 kW и выше с напряжением меньше 6000 V	Минимальное напряжение 1000V
3		Двойное номинальное напряжение + 1000 V
		Минимальное напряжение 1500V

При проверке изоляции обмотки после укладки в пазы (первая проверка) на заводах величина напряжения берется значительно повышенной против указанной в таблице. В условиях ремонта при изготовлении обмоток вновь вполне достаточно брать напряжение по табл. 6.

Испытание изоляции производится испытательным трансформатором, как указано в главе II.

При отсутствии трансформатора изоляцию проверяют мегометром или контрольной лампой. В последнем случае рекомендуется брать для испытания наиболее высокое напряжение сети, например, 440 V постоянного тока или 380 V переменного тока. В первом случае в испытательную сеть включают две лампы на 220 V последовательно, во втором включают последовательно три лампы по 120 V или одну на 220 V и одну на 120 V.

[1] Киловатта.

При применении для испытания повышенного напряжения следует соблюдать все меры предосторожности точно так же, как при пользовании трансформатором.

Если при испытании изоляции обмотки обнаружится неудовлетворительное состояние ее, следует найти место повреждения и устранить соединение или заменить секцию.

Проверка правильности укладки концов обмотки якоря производится милливольтметром, как это было указано в главе II. При этом могут быть выявлены различные случаи неправильной укладки. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся ошибки.

На рис. 64, *а* дана упрощенная схема обмотки, элементы которой помечены буквами *А*, *Б*, *В*, *Г* и *Д*, а коллекторные пластины — цифрами *1*, *2*, *3* и т. д. Нижние концы секций показаны пунктиром, верхние — сплошными линиями.

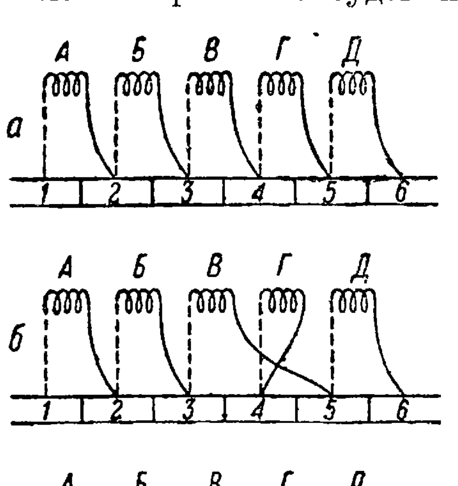
Если при укладке верхних концов каких-либо двух элементов *В* и *Г* (рис. 64, *б*) поменять их местами, то одна из катушек (*Г*) окажется замкнутой накоротко, так как оба ее конца лежат в одной коллекторной пластине (*4*).

Когда мы будем проверять милливольтметром такую обмотку, то на пластинах *3* и *4* и *4* и *5* прибор не даст отклонения. Как известно, отклонения не будет при другом дефекте, например в случае соединения между этими парами пластин. Чтобы проверить, действительно ли здесь перепутаны концы секций, касаются вилкой прибора пластин *3* и *5*: прибор даст нормальное отклонение, если действительно перепутаны концы. Можно также проверить это место коллектора на лампу; пластина *4* не будет «гореть» с соседними пластинками. Дефект этот также можно обнаружить на испытательном магните.

На рис. 64, *в* показан другой случай ошибочной закладки концов. Здесь спутаны концы секций *Б*, *В* и *Г*. Такие явления бывают часто при проволочной обмотке, если в пластины коллектора закладываются предварительно скрученные концы от секций. В этом случае на пластинах *3* и *4* показания прибора будут обратные (стрелка пойдет в другую сторону), и если поменять местами концы прибора (перевернуть вилку), то показания будут нормальными.

Неисправность, известная под названием «двойного креста», показана на рис. 64, *г*. Этот дефект бывает в том случае, если поменять местами верхние и нижние концы проводников, лежащие в соседних пластинах. Обнаруживается этот дефект легко, так как на пластинах *3* и *4* прибор дает обратные показания, а на соседних пластинах (*2* и *3*, *4* и *5*) показания прибора будут повышенные.

Если обменять местами верхний и нижний концы какого-либо элемента *Г* (рис. 64, *а*), то катушка окажется включенной встречно и будет понижать электродвижущую силу в обмотке. Этот дефект, встречающийся только при ручной обмотке, опасен тем, что при проверке прибором не обнаруживается.



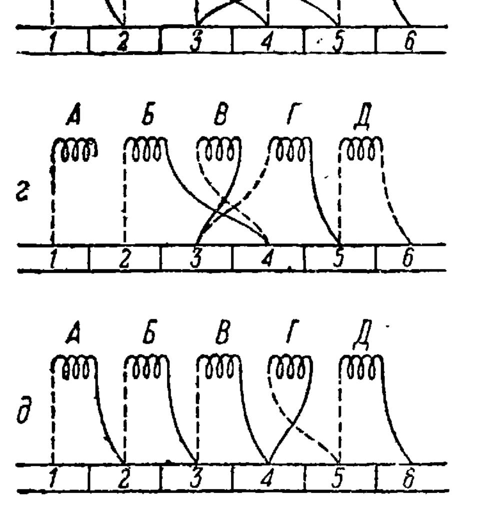


Рис. 64. Неправильные схемы закладки концов в коллектор.

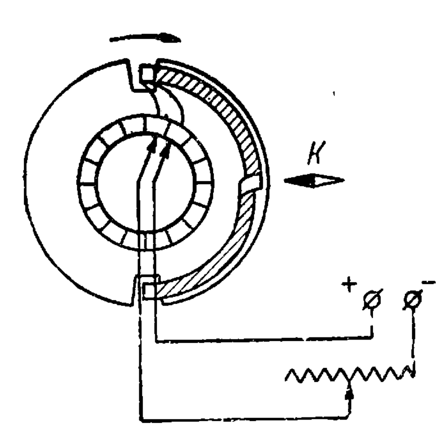


Рис. 65. Проверка „креста".

Рис. 66. Якорь при пайке.

Для обнаружения его можно воспользоваться схемой рис. 65. Ток от сети подводится вилкой через соответствующий реостат поочередно к каждой паре пластин. Стрелка компаса *К*, поднесенная к середине железа между двумя сторонами испытуемой секции, будет давать одно и то же показание в том случае, если все элементы секции включены

верно. При испытании постепенно поворачивают якорь и подают ток к каждой новой паре коллекторных пластин. Как только вилка станет на те пластины, концы которых перепутаны, показание компаса изменится на обратное.

Если при выполнении волновой обмотки небрежно производить закладку концов, возможны случаи изменения шага по коллектору, в результате чего меняется схема, получаются замкнутые накоротко элементы и т. п.

Проверка на «витковое» может производиться на испытательном электромагните (см. главу II).

После того как обмотка якоря проверена, можно приступить к дальнейшим операциям: заделке и закреплению обмотки и запайке проводников в коллектор.

18. ЗАПАЙКА ПРОВОДНИКОВ И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОБМОТОК.

Пайка соединений с коллектором является довольно сложной и ответственной операцией. Во всяком случае следует помнить, что в случае плохой пайки машина всегда будет искрить при работе.

В качестве припоя употребляют либо чистое олово с температурой плавления 228—232° Ц, либо чаще оловянный припой, содержащий 60% олова и 40% свинца, с температурой плавления 250° Ц. Применение третника (63% олова и 37% свинца) менее желательно, так как он обладает низкой температурой плавления (182° Ц).

Для осуществления хорошей спайки прежде всего необходимо, чтобы поверхности, подлежащие спайке, были совершенно чисты. Поэтому следует закладывать в коллектор только предварительно пролуженные концы секций или стержней.

Паяльники, применяемые для пайки, должны иметь соответствующую форму и размеры. Для пайки небольших коллекторов с большим успехом могут быть применены паяльники с электрическим нагревательным элементом. Для более крупных коллекторов рекомендуется применять бензиновые паяльники или паяльники с вольтовой дугой.

Пайка проволочных соединений с коллектором производится после предварительного прогрева пластин. При пайке якорь следует располагать наклонно, как указано на рис. 66, во избежание попадания олова в обмотку или заднюю часть коллектора.

При пайке проволочных соединений рекомендуется поступать следующим образом. Паяльником *а* разогревают пластины коллектора на некотором расстоянии от заложенных

концов *б*, затем густо посыпают канифолью вырезы коллектора и после этого водят куском припоя *г* по шлитцам. Олово расплавляется и заливает проводники, лежащие в шлитце. Паяльником при этом совершенно не водят по концам проводников.

При пайке следует хорошо прогреть коллектор, чтобы припой легко расплавился и залил вырезы пластин. Замазывание вырезов полужидким припоем ни в коей мере недопустимо, как недопустимо применение паяльных кислот. При лужении паяльника не следует также применять нашатырь, а нагретый паяльник надо очищать напильником и лудить с канифолью.

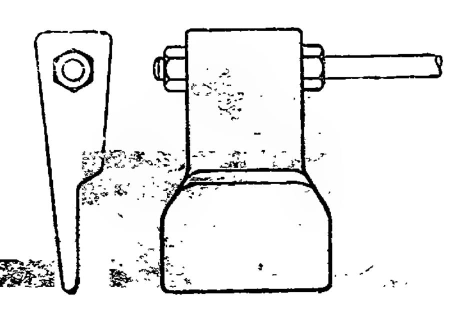


Рис. 67. Паяльник для стержней.

При запайке коллекторов диаметром выше 100 *мм* рекомендуется предварительно нагреть коллектор паяльной лампой, защитив при этом обмотку асбестом. Это ускорит процесс пайки. Нужно также следить за тем, чтобы паяльник имел форму, обеспечивающую лучшую передачу тепла, т. е. чтобы поверхность его, соприкасающаяся с пластинами, была наибольшей.

Пайка стержневой обмотки имеет свои характерные особенности и требует больше навыка.

Форма паяльника для стержневой обмотки или проволочной, если соединение производится с помощью перьев, должна обеспечивать хорошую передачу тепла. На рис. 67 показана удобная форма паяльника.

Процесс пайки происходит следующим образом. Якорь помещают на козлах в несколько наклонном положении, после чего вставляют сбоку нагретый и вычищенный паяльник (рис. 68) в промежуток между двумя перьями. На паяльник и перья время от времени посыпают канифоль и добавляют припой. Как только перо разогреется, часть олова с паяльника зальет промежутки между пером и стержнями. Помимо этого прутком олова водят по торцовой части соединения *Б*, и олово, расплавляясь, заливает все промежутки. Если клинья перекрывают часть перьев, то при пайке они могут остаться на месте.

Если сечение стержней достаточное, то клинья можно удалить, и это несколько ускоряет процесс пайки.

Если пайка производится без клиньев, то после прогре-

вания следует схватывать плоскогубцами перо с той целью, чтобы прижать его к стержням.

Отсутствие просветов и неровностей с торцовой части будет служить доказательством хорошей пайки.

При пайке следует внимательно следить, чтобы расплавленное олово не попало в промежутки между стержнями.

После запайки проводников приступают к закреплению обмотки.

Пазовые части шаблонных обмоток закрепляются на месте с помощью клиньев, для чего в пазу имеется специальное углубление в виде ласточкина хвоста, или с помощью бандажей из стальной проволоки. В последнем случае часть листов железа имеет меньший диаметр, и таким образом по

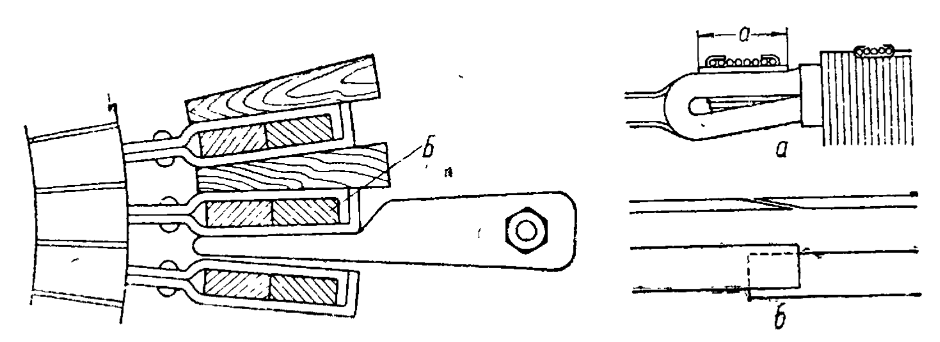


Рис. 68. Пайка стержневой обмотки.

Рис. 69. Бандаж на лобовой части.

окружности якоря получаются концентричные канавки для бандажа.

Лобовые части секций в обоих случаях крепятся бандажами из стальной проволоки.

Постановка клиньев производится после закладывания катушек в пазы. Пазовая изоляция обрезается и загибается вперекрой, после чего в паз вгоняется клин.

Клинья должны иметь в сечении размеры выемки паза и плотно входить в него. Материалом для клиньев служит сухое твердое дерево: бук, дуб, береза.

Изготовленные клинья должны быть обязательно тщательно просушены и проварены в олифе во избежание их усыхания.

При заколачивании клина нужно следить за тем, чтобы не была повреждена изоляция в пазу и чтобы клин плотно сидел на месте. Если железо якоря имеет в длину больше 150 *мм*, можно ставить два клина с двух сторон. Это несколько облегчает заколачивание их. В случае если между

клином и изоляцией будет свободный промежуток, его следует заполнить полоской прессшпана.

Бандажировка якоря должна быть сделана только после тщательного выравнивания лобовых частей обмотки. Выравнивание достигается обколачиванием лобовых частей через фибровую прокладку.

На выровненную обмотку (рис. 69, *а*) укладывается полоска из прессшпана или миканита толщиной около 1 *мм*. Ширина ее *а* должна быть взята с тем расчетом, чтобы после постановки бандажа расстояние края ее от витков бандажа было не менее 5—8 *мм*. Концы полосок срезаются на конус, как указано на рис. 69, *б*.

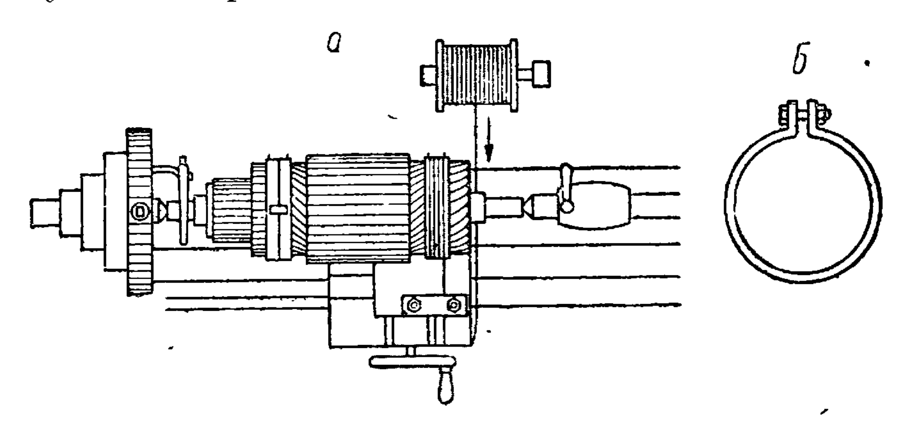


Рис. 70. Бандажировка на токарном станке.

Такие же полоски ставятся на железе якоря во впадинах, предназначенных для бандажа; ширина полоски берется равной ширине впадины и толщина выбирается с тем расчетом, чтобы после постановки бандажа витки его не лежали выше железа якоря. Обычно по железу ставится прессшпан или миканит толщиной 0,2—0,3 *мм*. Полоски временно закрепляются проводником или шпагатом.

Как уже упоминалось, в условиях ремонта почти всегда можно воспользоваться старой бандажной проволокой, конечно, в том случае, если в распоряжении нет новой проволоки соответствующего диаметра и качества. Для бандажей сейчас употребляется почти исключительно специальная стальная проволока.

Если приходится употреблять в дело старую проволоку, то ее обязательно следует предварительно вычистить шкуркой до блеска.

Постановка бандажей может быть сделана на токарном станке или на козлах, причем в обоих случаях условием пра-

вильной постановки бандажа является обеспечение необходимого натяжения проволоки.

При бандажировке на токарном станке якорь (рис. 70, *а*) ставится на оба центра, а на супорте укрепляется фибровый зажим, сквозь который проходит проволока. Завертывая гайки, затягивают зажим, чем и регулируют натяжение проволоки.

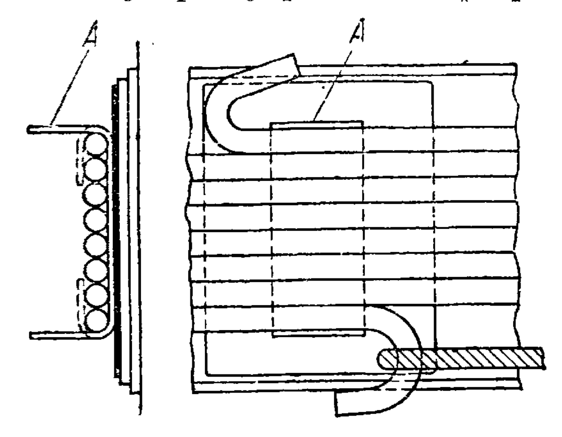
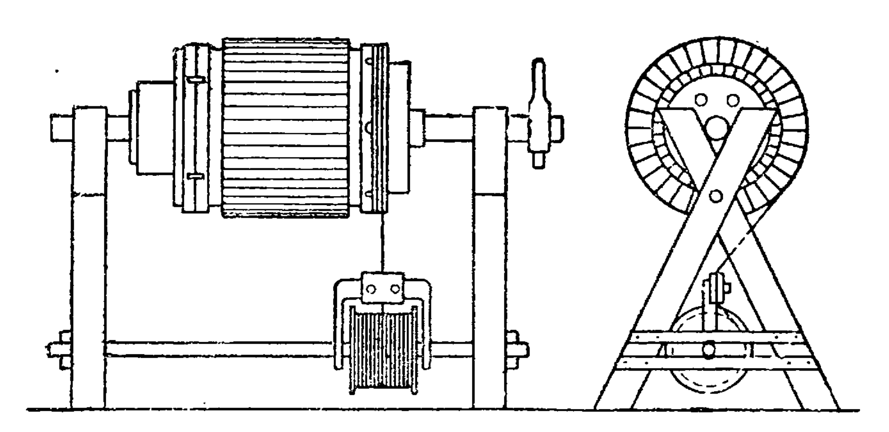


Рис. 71. Закрепление бандажа.

Для закрепления начала проволоки делают несколько витков по железу и закручивают конец или ставят хомут, изображенный на рис. 70, *б*.

После того как один виток бандажа положен на место параллельно краю изоляционной прокладки, под него подсовывают пластинки из тонкой луженой меди или жести. Пластинки располагают на равном расстоянии друг от друга с тем расчетом, чтобы их было не меньше 6 штук


Рис. 72. Бандажировка на козлах.

и чтобы расстояние между двумя соседними пластинками было не больше 150 *мм*.

При наложении новых витков бандажа следят за тем, чтобы предыдущие не ослабевали, т. е. чтобы лобовые части обмотки были достаточно стянуты.

После того как нужное число витков наложено, отгибают

края подкладок *А* (рис. 71) и пропаивают бандаж по всем местам, где проложены подкладки («замки»).

Концы проволоки обрезаются и отгибаются, как указано на рис. 71, после чего весь бандаж пропаивается оловом, так что после этого он представляет собой как бы сплошную ленту.

При отсутствии токарного станка постановка бандажей может быть произведена на козлах, как это показано на рис. 72. Натяжение проволоки осуществляется П-образным зажимом. Якорь вращается от руки.

После постановки бандажей следует проверить, не выступают ли они над железом. Затем рекомендуется еще раз проверить обмотку, как было указано выше, после чего ее покрывают или пропитывают лаком.

ГЛАВА VI.

РЕМОНТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАТУШЕК ПОЛЮСОВ.

19. ВИДЫ КАТУШЕК ПОЛЮСОВ.

Катушки полюсов машин постоянного тока по своему назначению можно разделить на две группы: катушки главных полюсов, служащие для создания основного магнитного потока, и катушки вспомогательных (дополнительных) полюсов, которыми современные машины всегда снабжаются для улучшения коммутации.

По выполнению катушки главных полюсов также делят на два вида — в зависимости от способа соединения их с якорем. К первому виду относят катушки, включаемые параллельно якорю; их называют шунтовыми катушками. Что касается катушек второго вида, то они включаются последовательно с якорем и называются последовательными.

В зависимости от способа соединения машины главные полюсы могут иметь или шунтовую, или последовательную обмотку. В некоторых случаях применяется так называемое смешанное возбуждение, при котором главные полюсы имеют как шунтовую, так и последовательную обмотку.

Шунтовые катушки включаются на полное напряжение, равное напряжению на зажимах машины; при этом сила тока в шунтовой цепи примерно равна от 1 до 10% от полного тока машины. Большие значения тока возбуждения относятся к мелким машинам.

Обычно все шунтовые катушки соединяются между собою

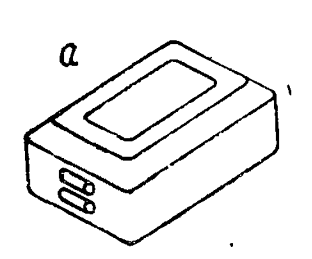
последовательно и выполняются из многих витков относительно тонкой проволоки. Материалом для обмоток служит обычно проводник с ординарной обмоткой (ПБО), так как толщина изоляции здесь имеет большое значение, а диэлектрическая прочность ее не так важна в виду того, что напряжение между соседними витками ничтожно.

За последнее время применяют также проводники с эмалевой изоляцией (ПЭ и ПЭБО).

К последовательным катушкам относятся катушки главных полюсов сериес-машин, последовательная обмотка главных полюсов у компаунд-машин и обмотка дополнительных полюсов.

По всем этим обмоткам проходит весь ток якоря, в силу чего сечение проводника их берется значительным.

Последовательные катушки главных полюсов у машин малой мощности (до 2—3 kW) выполняются, как и шунтовые



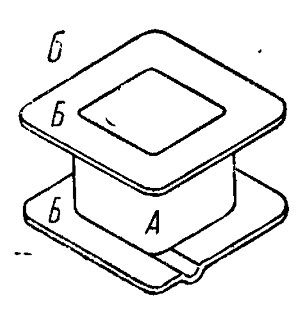


Рис. 73. Полюсная катушка и каркас.

катушки, из круглого изолированного проводника, сечение которого, конечно, гораздо больше, чем сечение проводников шунтовой обмотки этой же машины.

Что касается последовательных катушек машин большей мощности, то они обычно изготовляются из квадратной или прямоугольной меди.

На практике существует довольно много разнообразных форм катушек полюсов.

Круглые катушки в настоящее время почти не применяются, но в машинах старых конструкций были довольно распространены.

В современных машинах обычно применяют катушки прямоугольной формы (рис. 73, *а*).

Конструктивное выполнение катушек довольно разнообразно. В зависимости от назначения их применяется та или иная форма, причем здесь главным образом стремятся как можно лучше использовать место в машине.

Намотка катушек полюсов производится двояким образом: в первом случае катушка наматывается на предварительно изготовленный и изолированный каркас; во втором случае катушка изготовляется на оправках (шаблонах), после чего снимается, изолируется и насаживается на полюс.

Каркас для намотки катушек, изображенный на рис. 73, *б*, состоит из сердечника каркаса *А* и двух фланцев *Б*. Материалом для каркаса в старых конструкциях служила листовая латунь или цинк; в современных машинах применяют листовое железо.

При ремонте катушек, намотанных на каркас, вопрос ремонта весьма упрощается, так как всегда возможно использование старых каркасов для намотки новой катушки.

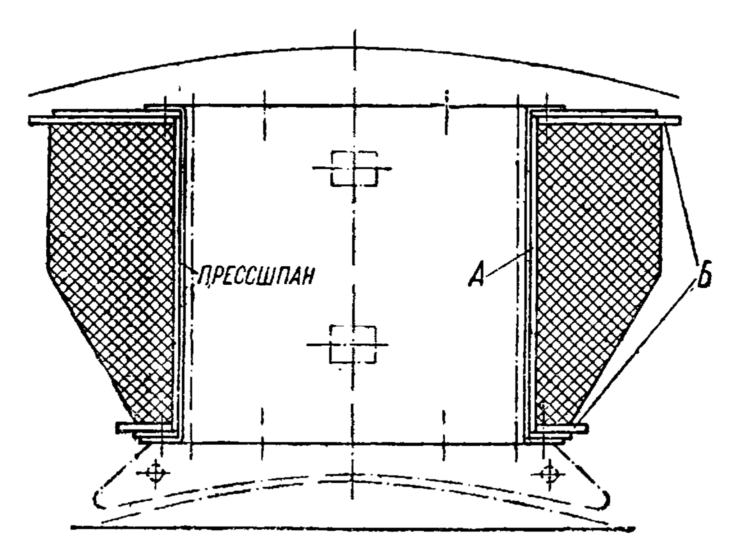


Рис. 74. Изоляция катушки от полюса.

Катушки дополнительных полюсов и компаундные обмотки у машин, сила тока которых превышает 40—60 А, обычно изготовляются из прямоугольной меди. Во многих случаях медь наматывается «на ребро».

Катушки полюсов изолируются от корпуса в соответствии с рабочим напряжением машины. Если катушка наматывается на каркас, то обмотка изолируется от каркаса прессшпаном или промасленным полотном.

Катушки, изготовленные без каркаса, перед насадкой на полюс обычно изолируются несколькими слоями ленты; сам же полюс изолируется прессшпановой прокладкой (манжетой) *А* (рис. 74) и двумя шайбами (рамками) *Б* из прессшпана или миканита.

У катушек дополнительных полюсов, изготовленных из полосовой меди, изоляцией между витками служит во многих случаях либо прессшпановая прокладка, либо воздушный зазор.

Вывода от начала и конца катушки у мелких машин выполняются обычно с помощью гибкого кабеля, закрепленного

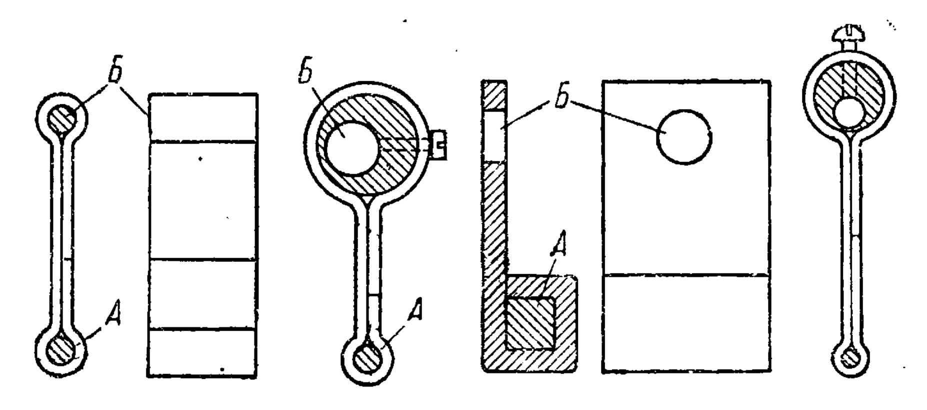


Рис. 75. Форма выводов.

лентой. В более крупных машинах применяют специальные зажимы (наконечники).

Наконечники эти обычно делаются из луженой красной меди, сечение которой выбирается из соображений не только электрической проводимости, но и механической прочности. Наиболее распространенные формы наконечников показаны на рис. 75. Здесь буквой *А* обозначено место, служащее для впайки проводника от катушки, а буквой *Б* — место для зажима или запайки соединительного кабеля.

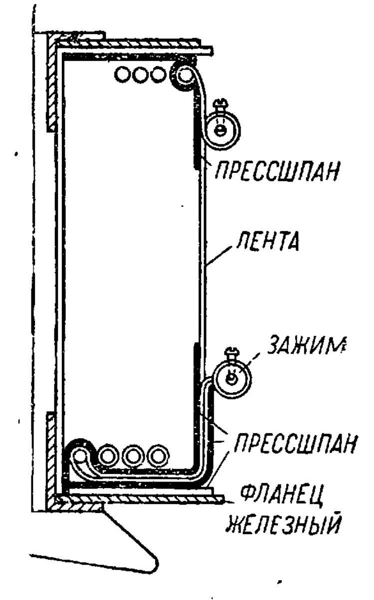


Рис. 76. Изоляция выводов.

Внутренний конец катушки считается всегда за начало, а наружный — за конец.

Выводы всегда должны быть хорошо изолированы от витков обмотки, что достигается путем подкладки полосок пропитанного полотна, эксцельсиора, прессшпана или тому подобного материала. На рис. 76 показана изоляция выводов катушки.

У последовательных катушек наконечники делаются из толстой полосо-

вой меди и снабжаются отверстиями для болтов, посредством которых они соединяются с шиной или кабельным наконечником.

Существует два основных способа расположения выводов у катушек: вывода располагаются либо вертикально один над другим, либо в одной горизонтальной плоскости.

В первом случае катушки довольно однообразны, причем начало (*Н*) всегда располагается ближе к якорю, а конец (*К*)— к корпусу машины. Катушка такого вида показана на рис. 77, *а*; на том же рисунке показано расположение соединительных проводников при применении катушки этого вида.

В случае расположения выводов в горизонтальной плоскости (рис. 77, *б*) катушки для каждой машины изготовляются

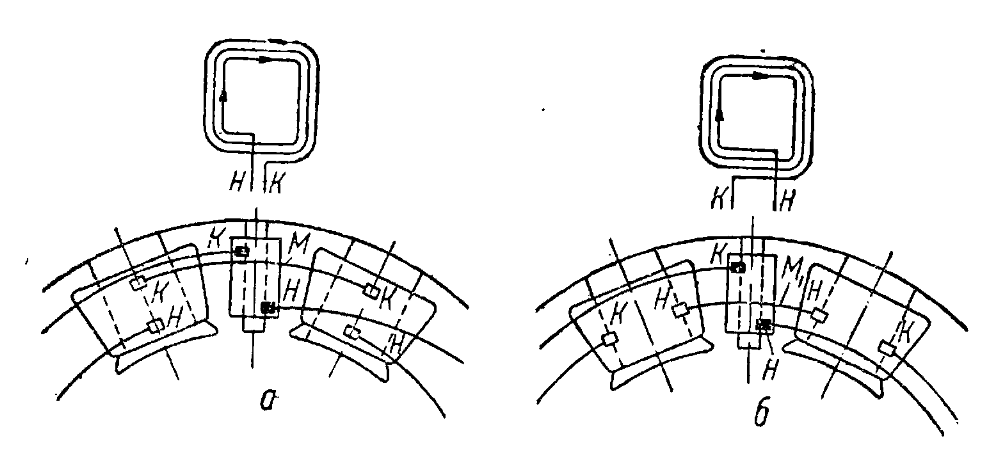


Рис. 77. Расположение выводов.

всегда двух видов: первая из пары катушек имеет начало справа, а конец слева; вторая, наоборот, — начало слева, а конец справа.

Достигается это тем, что после намотки (намотка ведется всегда в одном направлении) у одной из катушек наконечники ставятся, как бы не доходя друг до друга (не перекрещиваясь), а у другой концы перекрещиваются, как бы заходя друг за друга.

Если бы расположение выводов у катушек этого типа было одинаковым, то для достижения нужной полярности пришлось бы перекрещивать концы соединительного кабеля.

Соединения между катушками выполняются либо гибким кабелем, либо полосовой медью, сечение которых берется в зависимости от силы тока.

20. НЕИСПРАВНОСТИ В КАТУШКАХ ПОЛЮСОВ.

а) Общие соображения.

Полюсные катушки, расположенные неподвижно на полюсах машины, обычно редко подвергаются неисправностям.

Если же обнаруживается неисправность в одной или двух катушках машины, то для ремонта их нет нужды доставлять в мастерскую всю машину; необходимо лишь вместе с дефектной иметь одну исправную катушку, которая будет служить образцом в отношении сопротивления, веса и т. п.

б) Обрыв в катушках полюсов.

Эта неисправность имеет место только у катушек, намотанных из тонкой проволоки 0,1—0,6 *мм* диаметром.

Обнаруживается обрыв контрольной лампой, включаемой последовательно с испытуемой катушкой. При такой проверке следует, однако, принять во внимание, что вследствие большого сопротивления катушки, имеющей много витков тонкой проволоки, лампа может иногда слабо накаливаться или даже вовсе не накаливаться. В этом случае в целости обмотки можно убедиться путем измерения ее сопротивления.

Наиболее часто обрыв бывает в месте припайки проводника катушки к выводному кабелю или наконечнику, так как это место подвергается различного рода механическим воздействиям и, кроме того, при пайке прочность более тонкого проводника понижается.

Исправление обрыва в таких случаях делается весьма просто — путем припайки соответствующего проводника к выводному кабелю или наконечнику.

При этом следует принять меры для предотвращения обрыва в дальнейшем. Для этой цели выводной кабель обертывается вокруг катушки и плотно прихватывается к ней в нескольких местах крепкой ниткой. После этого проводник спаивается с выводным кабелем, причем он не должен быть натянут. При последующей изолировке лентой следует туго натянуть ее, укрепляя таким образом соединительный кабель.

В случае применения наконечников их также необходимо прочно укрепить во избежание качки.

Если же обрыв произошел внутри катушки, то необходима перемотка катушки или замена ее новой.

в) Соединение между витками.

Соединение между витками, известное на практике под названием «витковое», бывает в катушках полюсов довольно

редко, причем если у шунтовой катушки в результате такого соединения будет замкнуто небольшое количество витков (3—5%), то неисправность эта совершенно не отразится на работе машины, и дефект может быть долгое время не замечен.

Если же подобный дефект будет иметь место в катушках возбуждения универсального двигателя, работающего на переменном токе, то здесь замкнутые витки чрезмерно нагреются и, кроме того, сопротивление катушек понизится пропорционально количеству замкнутых витков.

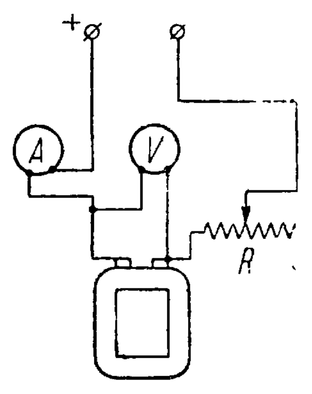


Рис. 78. Измерение сопротивления катушки.

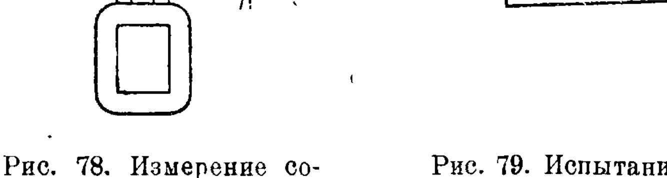


Рис. 79. Испытание катушки на магните.

Обнаружить соединение между витками в катушке можно либо путем измерения ее сопротивления, либо с помощью специального электромагнита.

Измерение сопротивления производится либо мостиком Уитстона, либо по методу вольтметра и амперметра. В последнем случае (рис. 78) испытуемая катушка включается в сеть через потенциометр или реостат R, причем замечаются показания вольтметра V и амперметра A.

Сопротивление катушки находят из отношения:

$$R = \frac{V}{A},$$

где R — сопротивление катушки в омах;

V — напряжение в вольтах;

A — сила тока в катушке в амперах.

Сопротивление дефектной катушки сравнивают с сопротивлением исправной. У катушек, имеющих «витковое», сопротивление понижается в зависимости от числа замкнутых витков.

Второй способ заключается в том, что дефектную катушку *A* (рис. 79) насаживают на сердечник специального испытательного трансформатора, в обмотку которого *B* дают переменный ток. При наличии в катушке замкнутых витков последние в течение короткого промежутка времени нагреваются.

Наиболее часто соединение между витками бывает в месте пересечения внутреннего проводника (начала) катушки или наконечника с наружными проводниками (рис. 80). В этом случае неисправность ликвидируется подкладыванием под наконечник или проводник куска промасленного полотна, пресс-шпана или миканита.

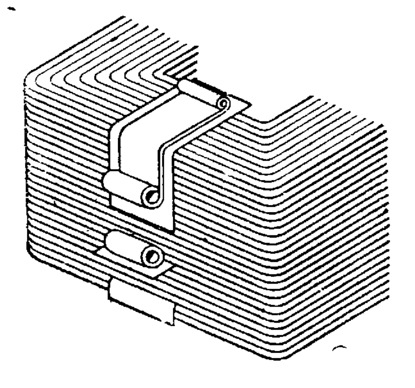


Рис. 80. Подкладка под наконечником.

Соединение между витками сериесных катушек, намотанных из прямоугольной меди, также часто бывает в месте перехода из одного слоя в другой, так как здесь проводники касаются друг друга острыми углами.

Соединение может быть и вследствие заусенцев, ударов и т. п. В этих случаях следует, если это возможно, путем наружного осмотра найти место повреждения и устранить сообщение между витками путем подкладок из слюды или миканита.

Во всех случаях, когда соединение между витками находится внутри катушки, исправление без перемотки почти невозможно.

Катушки дополнительных полюсов, намотанных на ребро, при соединении между витками исправляются выправлением витков и подкладкой изоляции в соответствующих местах.

г) Соединение на корпус.

Обнаружить соединение на корпус легко с помощью мегометра, индуктора или контрольной лампы.

Катушки могут иметь сообщение с сердечником полюса вследствие повреждения изоляции в углах изоляционных шайб и т. д. Само собою разумеется, что при снятии катушки с полюса соединение с корпусом пропадает.

Обычно соединение витков обмотки с каркасом бывает в углах, внутри катушки или в месте выхода внутреннего наконечника.

Иногда соединение на корпус бывает вследствие сырости;

при этом сопротивление изоляции бывает мало, но все же не равно нулю. Простая сушка таких катушек в сушильном шкафу обычно устраняет этот дефект.

Иногда устранить соединение с корпусом удается путем соответствующих подкладок из слюды, прессшпана и т. д.

21. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАТУШЕК ПОЛЮСОВ.

а) Общие соображения.

В тех случаях, когда устранение дефектов катушек полюсов невозможно способами, указанными выше, требуется изготовление новой катушки.

Использование старого проводника для намотки катушек возможно только в тех случаях, когда изоляция его не повреждена. Использование же прямоугольного проводника, употребляемого для намотки последовательных катушек, возможно почти всегда.

Рис. 81. Размеры шаблона.

б) Определение необходимых данных.

Намотка катушек вновь и перемотка старых катушек должны всегда производиться в строгом соответствии с прежними данными.

При разборке старой катушки следует тщательно промерить внутренние размеры ее после снятия изоляции. Необходимо отметить, что на углах катушки бывают несколько суженными.

В процессе разборки следует обратить внимание на расположение выводов, а именно: перекрещиваются ли они при горизонтальном расположении (рис. 77).

При размотке необходимо измерить диаметр как голого, так и изолированного проводника и определить род его изоляции.

Кроме того необходимо сосчитать число витков катушки, витков в ряду, полных рядов, витков в неполном ряду и, наконец, число неполных рядов, если катушка ступенчатая.

Можно грубо определить число витков в катушке косвенным путем, для чего измеряется сопротивление исправной

катушки и затем определяется длина проводника, употребленного для намотки катушки.

Длину проводника в катушке в метрах определяем по формуле:

$$l = \frac{R \cdot q}{\rho},$$

где R — сопротивление катушки в омах;

q — поперечное сечение проводника в кв. миллиметрах;

ρ — удельное сопротивление для меди, равное 0,0175.

Если известна длина проводника, можно приблизительно определить число витков катушки, разделив длину проводника на среднюю длину витка. Последнюю можно получить как сумму ($a + б + в + г$) (рис. 81, *а*).

Все полученные данные рекомендуется записать и свести в таблицу:

Электродвигатель постоянного тока.

Тип . . . Мощность . . . Сила тока . . .

Напряжение . . . Число оборотов . . .

Данные обмотки полюсов.

Главные полюсы	*Эскиз полюса*
1. Число полюсов	
2. Междужелезное пространство	
3. Род обмотки (шунтовая, последовательная, компаундная)	
4. Число витков в катушке:	*Эскиз катушки*
шунтовой	
последовательной	
5. Марка и размер проводника катушки:	
шунтовой	*Эскиз изолировки*
последовательной	*катушки и выводов*
6. Сопротивление катушки:	
шунтовой	
последовательной	
7. Число витков в ряду	
8. Число рядов полных	*Эскиз оправки для*
9. Число рядов неполных	*намотки*
10. Изоляция катушки	
11. Вес меди на 1 катушку	

в) Приспособления для намотки катушек.

Для намотки катушки обычно применяют оправки.

Оправка или шаблон состоит из сердечника *А* (рис. 81, *б*) и двух фланцев, причем один из них *Б* обычно наглухо прикреплен к сердечнику, а другой делается отъемным и кре-

пится к сердечнику винтами. Форма и размеры сердечника соответствуют форме и внутренним размерам катушки.

Длину сердечника *в* (рис. 81, *а*) делают обычно на несколько (3—5) миллиметров больше, чем соответствующий размер катушки; ширина *г* — то же; что же касается высоты сердечника *д*, то здесь она берется на несколько миллиметров меньше высоты катушки.

Размеры фланцев делаются на несколько сантиметров больше размеров старой катушки.

Материалом для сердечника должно быть хорошо просушенное твердое дерево — дуб, береза и т. д., причем края и углы должны быть гладко обстроганы. В качестве материала

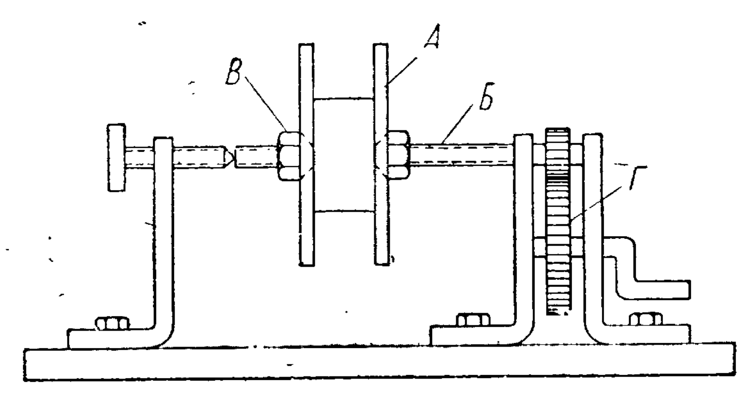


Рис. 82. Намоточный станок (небольшой).

для фланцев (щек) лучше всего брать 5—6-слойную фанеру (переклейку).

Во избежание защемления тонкого проводника рекомендуется врезывать сердечник на 2—3 *мм* во фланцы, а не ставить их впритык.

Для закрепления витков катушки в некоторых случаях во фланцах делаются вырезы *А* (рис. 81, *в*); глубина выреза должна быть на 2—3 *мм* больше высоты стенки фланца. В сердечнике также делается соответствующее углубление.

В центре оправки делается отверстие, служащее для закрепления оправки при намотке. Если предполагается закрепление катушки при намотке в бабке токарного станка, один из фланцев делается из толстой доски.

На электромашиностроительных заводах для намотки катушек употребляются специальные обмоточные станки. В условиях ремонта может быть применен станок, изображенный на рис. 82. Такой станок всегда можно изготовить своими силами. Оправка *А* зажимается на оси *Б*, имеющей

нарезку по всей длине, с помощью двух конусных гаек *В*. С помощью шестеренок *Г* и рукоятки станок приводится во вращение от руки. Проводник укладывается вручную.

Для намотки может быть использован также токарный станок. В этом случае оправка *А* (рис. 83) закрепляется на валике *Б*, имеющем нарезку, с помощью гаек *В*. Одна сторона валика зажимается в хомут *Ж*, после чего валик ставится на центра.

На супорте станка с помощью болтов закрепляется изогнутая в виде буквы *Г* стойка из углового железа, на которой укреплена колодка (зажим) *Д* для натяга проводника *Е*.

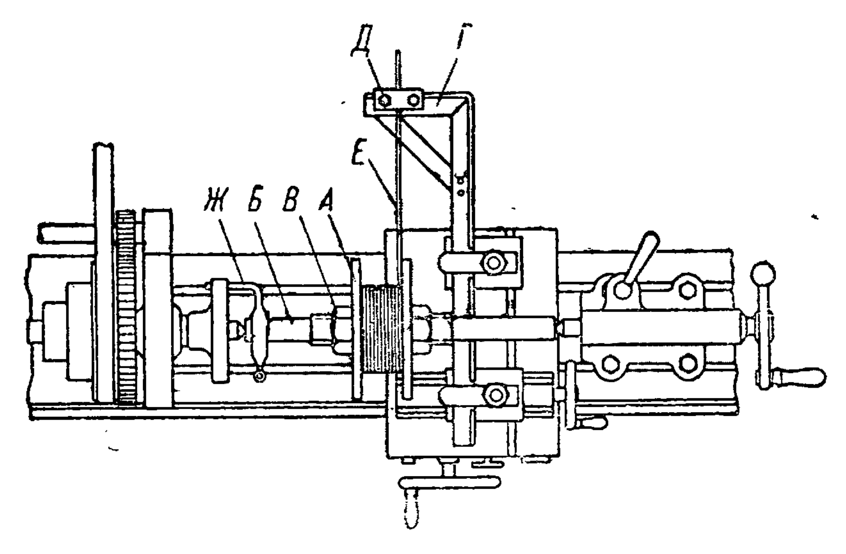


Рис. 83. Намотка на токарном станке.

При установке оправки перед намоткой следует тщательно выверить ее во избежание биения ее щек. Оправку *А* можно укрепить непосредственно в патроне *В* станка, зажав кулачками одну из ее щек. Зажимаемая щека в этом случае делается значительно прочней обыкновенной (рис. 84).

Токарные станки могут быть использованы и для намотки и перемотки последовательных катушек из прямоугольной меди.

Скорость намотки зависит от способа намотки, размеров проводника и станка, на котором производится работа.

Шунтовые катушки, намотанные не в ряд, можно наматывать с большой скоростью, но при этом не следует сильно увеличивать ее, так как от этого рвется как изоляция проводника, так и сам проводник.

Намотка катушек из толстой меди должна вестись очень медленно, причем станок обычно поворачивают вручную.

Проводник при намотке лучше всего иметь намотанным на катушки (бобины), так как намотка с бухты несколько затруднительна. Бобина с проводником укрепляется на железной стойке, имеющей массивное основание, или прикрепляется к полу. Во избежание проворачивания бобины и спутывания проводника следует затормаживать ее с помощью пружины (рис. 39) или с помощью веревки *А* с грузом *Б*, перекинутой через выточку во фланце бобины (рис. 85).

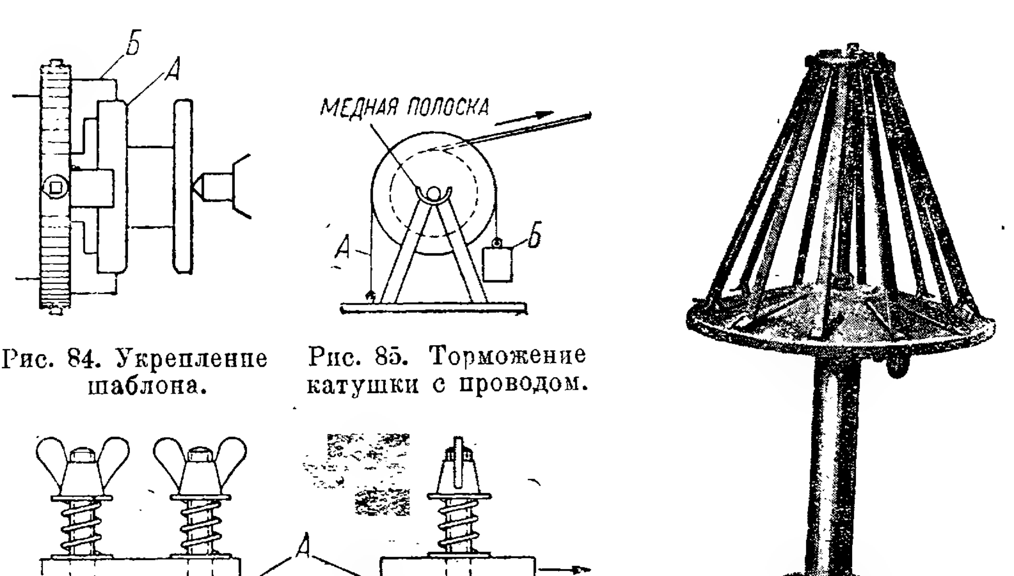


Рис. 84. Укрепление шаблона.

Рис. 85. Торможение катушки с проводом.

Рис. 86. Зажимы для проводника.

Рис. 87. Концы для размотки.

Бобина с проводником располагается на некотором расстоянии от станка; при работе на станке с проводником диаметром 1 *мм* и выше рекомендуется брать это расстояние равным 1,5—3 *м*.

Натягивание проводника при намотке необходимо; оно достигается применением деревянных или фибровых зажимов.

На рис. 86 показан такой зажим для тонкой проволоки диаметром 0,3—0,5*мм*; проводник здесь проходит между двумя слоями войлока *А*, зажатыми с помощью двух дере-

вянных планок *Б* и винтов с барашками. Зажимая барашки, увеличиваем давление на проводник.

Иногда делают зажим для проволоки большого сечения с планками из фибры; в планках устраиваются вырезы, сделанные по размерам проводника. В качестве материала для зажима можно употреблять также сухое твердое дерево.

Для размотки проводника с бухты удобно применять специальные конусы, устройство которых ясно из рис. 87.

г) Намотка шунтовых катушек.

После установки оправки на станок и выверки ее сердечник оправки обертывается одним-двумя слоями прессшпана толщиной 0,3—0,5 *мм*. Рекомендуется также предварительно

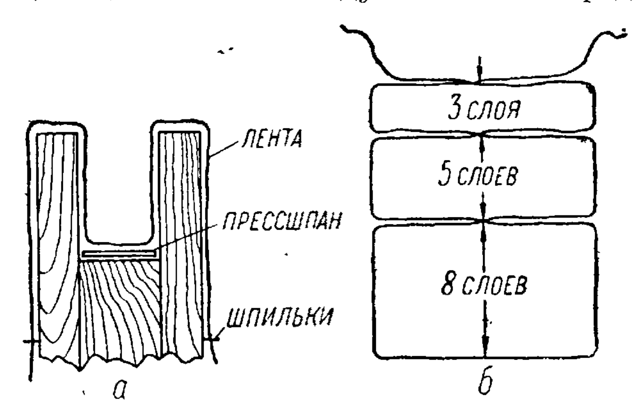


Рис. 88. Укладка ленты в шаблон.

смазать оправку парафином. Оба эти мероприятия будут способствовать легкому удалению намотанной катушки.

Если оправка имеет прорезы, то перед намоткой следует заложить в вырезы куски ленты или тонкого изолированного проводника.

В другом случае при применении глухих оправок внутрь оправки закладывается лента (рис. 88, *а*). В зависимости от длины катушки на сторонах ее по длине кладутся 2—3 ленты и по ширине по одной ленте. Концы ленты закрепляются на гвоздях, вбитых с наружной стороны щек оправки.

Перед намоткой ставят счетчик числа оборотов на нуль или замечают (записывают) его показания. В случае отсутствия счетчика следует точно вести счет.

После намотки нескольких слоев концы ленты перекладываются (рис. 88, *б*), затем намотка продолжается дальше; после намотки еще 3—5 слоев лента вновь перекладывается. Ленту следует натягивать туго.

Если намотка делается на конус (ступенчатая намотка), то следует заранее определить, после какого слоя делать отступление, и пометить на оправке изнутри карандашом это место. Намотка на конце делается как с одним конусом, так и с двумя. При одном конусе в нужном месте не доходят на один или два витка до края оправки (рис. 89, *а*), после чего обязательно перекладывают ленту и мотают следующий слой. Порядок намотки показан на рис. 89, *а* стрелками. В каждом следующем слое делают на 1—2 витка меньше, чем в предыдущем. Скрепление лентой (перекладывание) здесь следует делать возможно чаще. Намотка с двумя конусами (рис. 89, *б*) делается аналогично; здесь отступления делаются с обеих сторон.

При намотке следует плотно укладывать витки друг к другу, особенно на углах, так как в противном случае

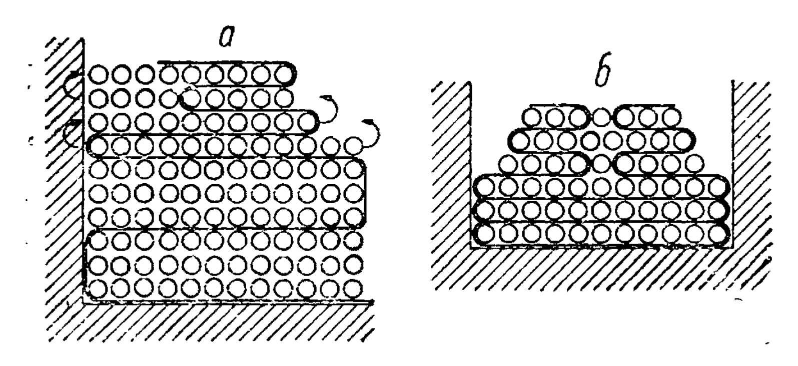


Рис. 89. Намотка конуса (скоса).

проводники верхнего слоя будут проваливаться. Если при намотке образуется провал, его заполняют куском шнурка, по диаметру равного проводнику. При наличии свободного места на углах иногда прокладывают полоски из тонкого прессшпана (0,1—0,2 *мм*) или плотной бумаги.

Способ укрепления крайнего витка с помощью ленты показан на рис. 90. Здесь стрелкой указано направление намотки верхнего слоя. Конец ленты *А* закладывается под предпоследние витки, причем остается петля *Б*. Такие петли делают у каждой ленты и в них просовывается крайний виток *В*, после чего лента затягивается за конец *А* и обрезается.

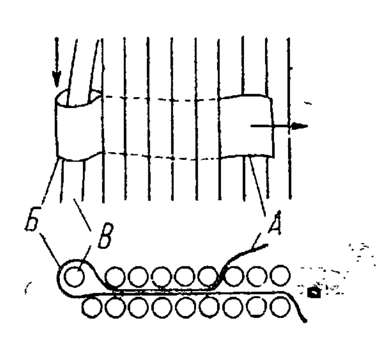
В процессе намотки может иметь место пайка. В этих случаях тонкие проводники (до 1 *мм*), предварительно очищенные шкуркой, скручиваются и пропаиваются чистым оловом, причем необходимо следить, чтобы не было острых на-

плывов олова. Более крупные проводники спаиваются с помощью трубочки впритык.

Пайка должна быть произведена канифолью без применения паяльной кислоты.

Изолировка места спайки производится путем обертывания ее полоской пропитанного полотна или эксцельсиора, концы которой закрепляются соседними витками.

Укрепление верхнего наконечника может быть произведено следующим образом. Перед последними 2—3 слоями закладывается наконечник *А* (рис. 91, *а*) из луженой меди, изолированный несколькими слоями прессшпана, пропитанного полотна или микатина *Б*, после чего поверх него продолжается намотка остальных витков. Конец проводника припаи-



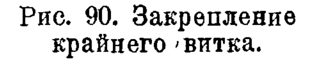


Рис. 90. Закрепление крайнего витка.

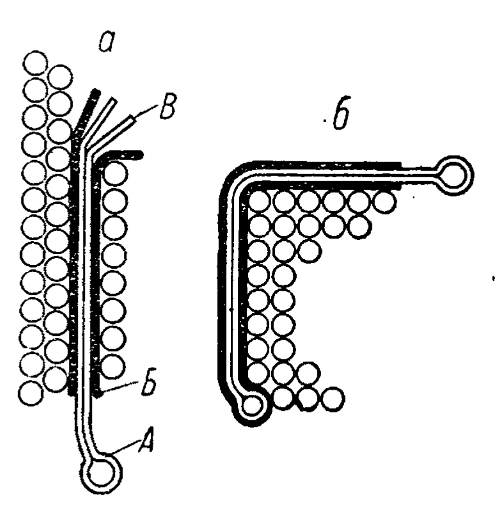


Рис. 91. Укрепление вывода.

вается к наконечнику обычно в месте, обозначенном буквой *В*.

После намотки шаблон снимают со станка и, слегка ударяя молотком по сердечнику, выбивают оправку из катушки.

Напайка внутреннего наконечника часто производится после снятия с шаблона.

На рис. 91, *б* показан наконечник, служащий для этой цели, который позволяет прочно укрепить его благодаря Г-образной форме.

Внутренний наконечник, так же как и верхний, тщательно изолируется от соседних витков.

Катушки, намотанные по описанному способу, имеют то громадное достоинство, что витки их прочно скреплены между собой.

Что касается другого способа намотки, то процесс остается

тот же самый с тою только разницей, что во время намотки витки не скрепляются, а по окончании концы ленты или проводника, заложенные в вырезы шаблона, связываются и держат витки до изолировки. Расположение выводов делается либо в вертикальном направлении (этот способ следует рекомендовать, так как катушки получаются вполне однообразные), либо в горизонтальном (рис. 77).

Намотка катушек на каркас не представляет никаких затруднений. Каркас изолируется с помощью миканита или прессшпана, причем сначала сердечник его обертывается несколькими слоями изоляции. Затем оклеиваются полоской эксцельсиора или пропитанного полотна углы, после чего на сердечник кладется еще один слой прессшпана толщиной 0,2—0,3 *мм* и заклеивается шеллаком. Для изолировки щек применяются прессшпановые шайбы или рамки толщиной 1—2 *мм*. Для закладки шайбы надрезаются. Под место надреза со стороны каркаса подкладывается кусок миканита или прессшпана.

Перед намоткой к концу проводника припаивается наконечник (вывод), который затем изолируется промасленным полотном и полосками прессшпана. Обычно на фланцах каркаса имеются давленые места для того, чтобы наконечник не мешал обмотке. Наконечник временно укрепляется лентой к фланцу, после чего производится намотка.

Процесс намотки тот же самый, что и намотки на оправку, за исключением того, что здесь не требуется скрепления витков, кроме тех случаев, когда обмотка выше каркаса.

д) Намотка последовательных катушек.

Последовательные катушки, намотанные из круглого проводника (для мелких машин), по своему изготовлению ничем не отличаются от шунтовых катушек.

Если катушки намотаны из квадратной или прямоугольной меди, то намотка может быть произведена из старого проводника. Намотка ведется на токарном станке; после разборки с меди удаляется старая поврежденная изоляция, и проводник вычищается шкуркой. При намотке проводник постепенно изолируется лентой перед укладкой в оправку в месте, обозначенном буквой *Е* (рис. 83).

Особенно опасны места переходов из слоя в слой. На рис. 92 стрелкой указано направление намотки (*А* — начало обмотки). Как видно из рисунка, в месте *М* витки касаются друг друга ребрами. Здесь следует подкладывать кусочки прессшпана или миканита.

При намотке последовательных катушек витки уколачи-

вают с помощью фибрового клина и молотка. Удары при этом должны быть сильными.

На рис. 93 показан способ намотки последовательных катушек, при котором оба конца выходят снаружи катушки (сверху). При этом способе при начале намотки оставляется кусок проводника, и намотка производится в порядке, указанном цифрами *1*, *2*, *3* и т. д.

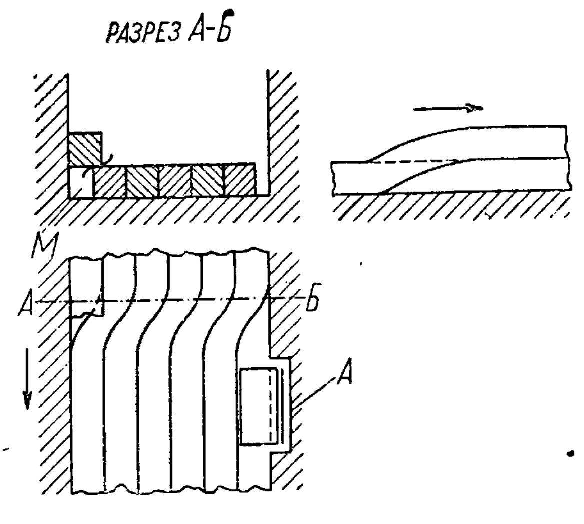


Рис. 92. Место соединений при квадратном проводнике.

После того как катушка намотана доверху, доматывают оставленным концом витки. Таким образом оба конца выходят сверху.

Если катушка наматывается из плоской меди, у которой одна сторона значительно больше другой, то иногда применяют обмотку в два ряда. К соединительной пластинке (рис. 94, *а*) приклепываются и припаиваются два проводника, причем один сначала наматывается в одну сторону, а другой —

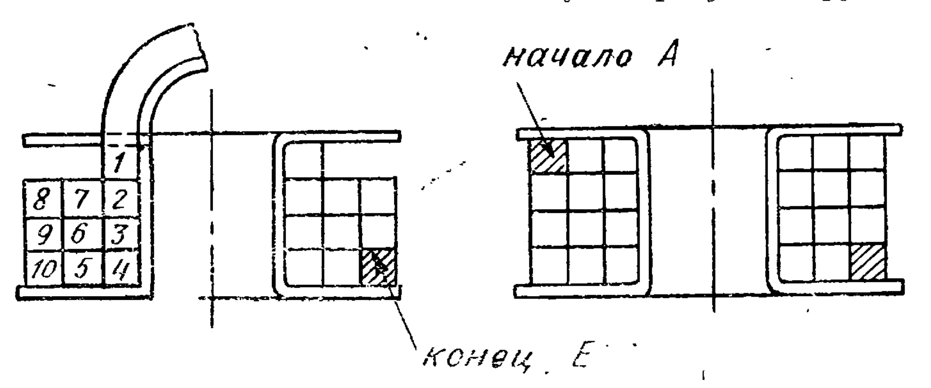


Рис. 93. Намотка последовательных катушек.

в противоположную. Оба конца выходят наружу. Схема такой намотки показана на рис. 94, *б*.

В качестве изоляции между витками для таких катушек часто применяют полоски прессшпана толщиной 0,15—0,2 *мм*. В случае ремонта витки следует размотать, очистить их тща-

тельно от поврежденной изоляции, распустить и промыть в бензине. После этого производится намотка на предварительно изготовленный шаблон, причем в процессе намотки между витками прокладываются полоски прессшпана, по ширине на 1—2 *мм* большие, чем полоски меди.

Катушки, намотанные из плоской меди плашмя, во многих случаях после намотки бандажируются стальной проволокой, причем бандажирование производится после заклепывания и запайки наконечников на оправке. Под бандаж кладут 2—3 слоя тонкого изоляционного материала. Бандажирование проделывается аналогично бандажированию якорей.

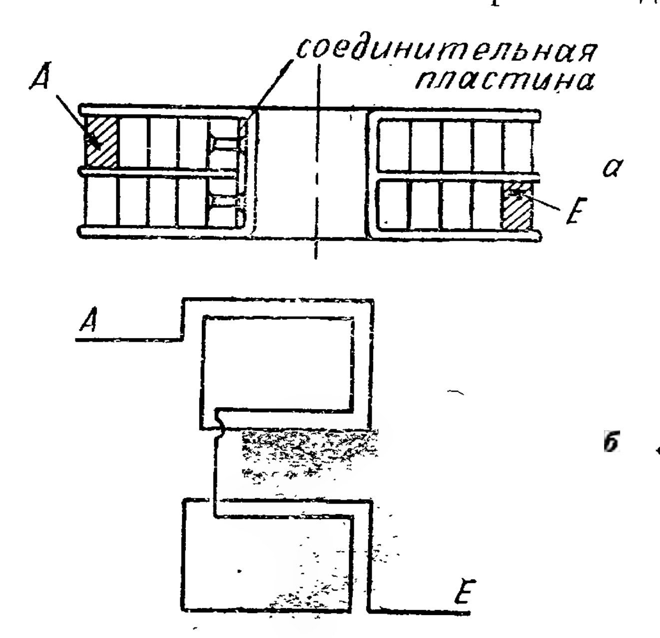


Рис. 94. Намотка последовательных катушек.

Вывода, помимо припайки, приклепываются с помощью заклепок. При ремонте можно не расклепывать старых выводов, но намотка должна быть очень плотной, так как в противном случае вывода сместятся.

В случае, если катушки намотаны на «ребро», перемотка их в условиях ремонта невозможна. Обычно это и не требуется, так как восстановить их изоляцию можно без перемотки.

е) Изолировка и проверка катушек.

Изолировка катушек должна быть произведена после пропитки их лаками (см. главу VIII).

Изоляция катушек — в зависимости от назначения машины — бывает различная. При ремонте следует придерживаться той изоляции, какая была у старой катушки. Для нормальных машин обычно применяют бумажную или киперную ленту шириною 10—20 *мм* и прокладки из пропитанного полотна.

Особое внимание при изолировке следует обращать на изолировку и укрепление выводного кабеля или наконечника.

При изолировке следует возможно туже затягивать ленту

и следить, чтобы она не морщилась и не собиралась в углах, чтобы не было складок, сборок и утолщений.

Конец ленты после окончания изолировки лучше всего пристегнуть 2—3 стежками ниток.

Катушки при намотке, скрепленные лентой, в некоторых случаях не изолируются ею сплошь, а витки их скрепляются бандажами из шнура.

Если мотается несколько катушек, то сразу же после того, как изготовлена первая катушка, следует проверить ее размеры по месту, примерить, идет ли она свободно на полюс, не высока ли она и т. д.

После намотки катушек необходимо измерить их сопротивление и испытать на «витковое». Последнее особенно важно для последовательных катушек, изготовленных из прямоугольной меди.

По мере изготовления следует проверять каждую катушку. Способы проверки более подробно описаны выше, в начале главы.

ГЛАВА VII.

РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ.

22. УСТРОЙСТВО КОЛЛЕКТОРА.

Коллектор состоит из ряда пластин, называемых иногда ламелями, изолированных от корпуса и друг от друга и собранных в цилиндрическое кольцо.

К каждой пластине коллектора присоединяются проводники обмотки якоря.

В качестве материала для пластины употребляют почти исключительно твердотянутую медь. В сечении пластины имеют трапецоидную (клинообразную) форму (рис. 95).

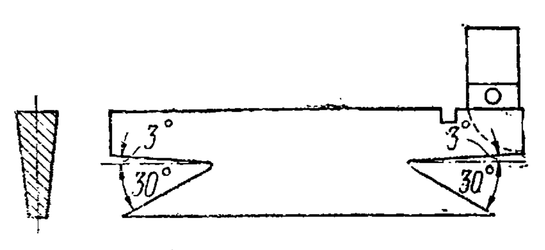


Рис. 95. Форма коллекторной меди.

Размеры коллекторных пластин выбираются в зависимости от диаметра коллектора и числа пластин. Эти размеры должны быть соблюдены с точностью до 0,01 *мм*. Так как число пластин для каждого типа бывает различно, то, следовательно, и размеры их для каждого типа также различны. Поэтому при ремонте нельзя использовать пластины одного

коллектора для замены поврежденных пластин какого-либо другого коллектора.

Пластины имеют выточку в форме ласточкиного хвоста (рис. 95), служащую для крепления их. Угол выточки обычно в современных машинах делается равным около 33° с наклоном сторон, как указано на рисунке.

На рис. 96 в разрезе показано устройство коллектора. Здесь буквой *А* обозначена ламель коллектора; *Б* — изоляционные конусы, посредством которых достигается изоляция от корпуса; *В* — нажимные конусы, стягивающие пластины коллектора; *Г* — втулка, служащая для насадки на

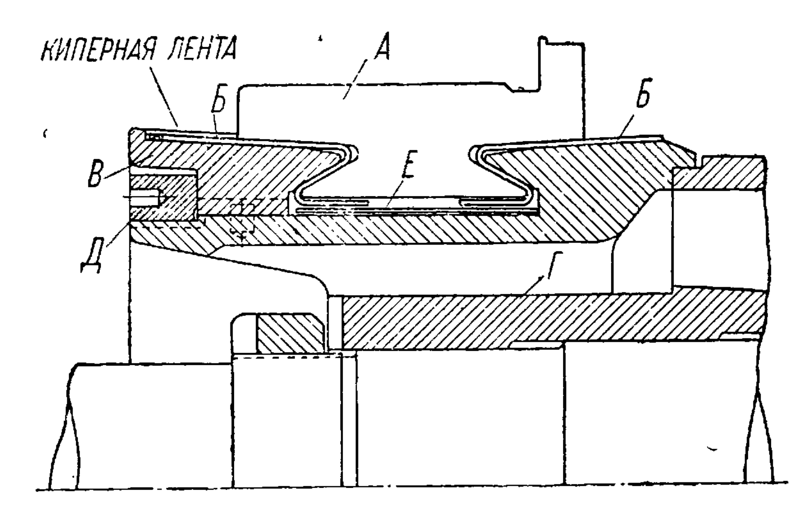


Рис. 96. Коллектор.

вал и стягивания конусов. На одном краю втулка имеет выступ, служащий упором для заднего нажимного конуса, а на другом — резьбу, на которую навертывается гайка *Д*, стягивающая конусы. Во многих случаях задний конус и втулка вытачиваются из одного куска.

Другой способ крепления пластин заключается в том, что нажимные конусы стягиваются рядом болтов или гаек, расположенных по окружности.

Третий способ скрепления нажимных конусов показан на рис. 97. Здесь после запрессовки конец втулки *А* развальцовывается и таким образом держит нажимные конусы. Такой способ крепления применяется в виду его простоты и дешевизны в массовом производстве для коллекторов мелких двигателей. Однако ремонт такого коллектора затруднителен.

Изоляция пластин друг от друга достигается путем про-

кладки из специального сорта миканита, имеющей ту же форму, что и пластины. Миканит отличается небольшим содержанием связующего вещества (не более 3—5%), а также тем, что толщина его строго выдерживается. Для коллекторов нормальных машин толщина изоляционной прокладки берется равной 0,6—0,8 *мм*. В мелких машинах иногда употребляют чистую слюду. Что касается применения других изоляционных материалов, например специального картона и фибры, это, как показала практика, сильно ухудшает качество коллектора.

Изоляционные конусы делаются из нескольких слоев тонкого миканита путем опрессовки в горячем состоянии в специальных формах. Содержание шеллака в конусах не превосходит 10—15%.

Толщина изоляционных конусов делается обычно равной 1,5—2 *мм;* размеры выбираются в соответствии с размерами нажимных конусов и выточкой в пластинах.

Во избежание пробоя между втулкой и пластинами закладывается миканитовое или прессшпановое кольцо *Е* (см. рис. 96), называемое иногда манжетой.

Рис. 97. Коллектор мелких машин.

Коллекторы насаживают на вал под прессом, причем мелкие коллекторы во многих случаях не имеют шпонки; что же касается более крупных коллекторов, то здесь, во избежание провертывания, всегда применяется шпонка.

Помимо шпонки в некоторых типах коллекторы крепятся после насадки стопорным болтом.

Изготовление коллекторов очень сложно и требует не только применения специальных материалов и приспособлений, но также и правильно разработанного технологического процесса и большого производственного опыта.

23. ДЕФЕКТЫ КОЛЛЕКТОРОВ

а) Общие соображения.

Дефекты коллекторов, устранение которых имеет место в ремонтной мастерской, следующие: соединение между пластинами, соединение на корпус, ослабление пластин, выступание слюды и эксцентричность. Эти дефекты можно разделить на две группы: к первой следует отнести дефекты, не требующие

снятия коллектора с вала; ко второй — более серьезные повреждения, для устранения которых требуется снять коллектор.

Способы отыскания электрических дефектов пробоя на корпус и соединения между пластинами даны выше. Что касается выявления остальных дефектов, то здесь нет никаких затруднений: выступающая слюда часто заметна наощупь; кроме того пластины коллектора пригорают: слабое укрепление пластин обнаруживается путем удара по ним в радиальном направлении через деревянную прокладку (пластина «сядет»), и, наконец, эксцентричность всегда легко определить на станке рейсмусом.

б) Соединение между пластинами.

Соединения между пластинами могут быть на наружной поверхности коллектора вследствие попадания между пластинами капель олова, заусенцев, забоин и т. п. Иногда в коллекторах с углубленной слюдой причиной соединения между пластинами может быть наличие в углублениях между пластинами медной и угольной пыли, грязи и т. п.

Во всех перечисленных случаях устранение дефекта очень просто. Следует тщательно осмотреть дефектные пластины и прочистить изоляцию между ними острой пилкой, ножом или шилом.

Более серьезно обстоит вопрос в том случае, если соединение произошло внутри коллектора или изоляционная прокладка сильно повреждена, так как в этом случае бывает необходимо перепрессовать коллектор.

Для устранения такого дефекта на практике иногда применяют способ «прожигания» места соединения, заключающийся в том, что замкнутые пластины включаются через предохранители в сеть «напрямую» или через реостат с малым сопротивлением. При этом иногда удается прожечь место соединения. Однако этот способ должен быть изжит из практики ремонта, так как при прожигании образующаяся вольтовая дуга повреждает (обугливает) изоляцию и дает еще большее соединение, расплавляя пластины.

Для устранения соединения между пластинами в случае, если оно произошло внутри коллектора, иногда бывает достаточно удалить переднее нажимное и изоляционное кольца, причем остальные части коллектора остаются на валу. При этом поступают следующим образом.

Прежде всего на коллектор ставится бандаж *А* из стальной проволоки диаметром не менее 1 *мм* (рис. 98). Перед постановкой бандажа для предохранения коллектора на последний

накладывается прессшпановая полоса *Б*. Назначение такой прокладки помимо предохранения коллектора — изолировать пластины коллектора от бандажа с целью проверки изоляции между пластинами. Процесс бандажировки ничем не отличается от описанного в главе V процесса бандажировки якоря.

После постановки бандажа и запайки его в замках (сплошная пропайка здесь не требуется) следует убедиться с помощью контрольной лампы в том, что бандаж не имеет соединения с пластинами коллектора.

После этого удаляют передний нажимной конус применением стяжки *А*, причем в некоторых случаях бывает возможно

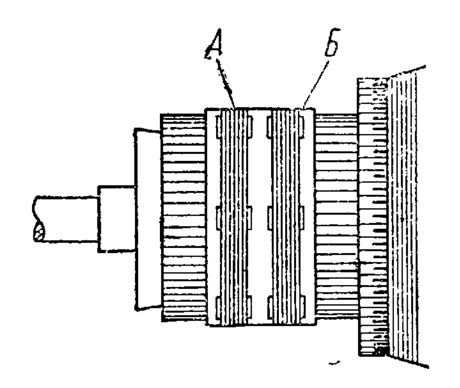


Рис. 98. Коллектор со снятым конусом.

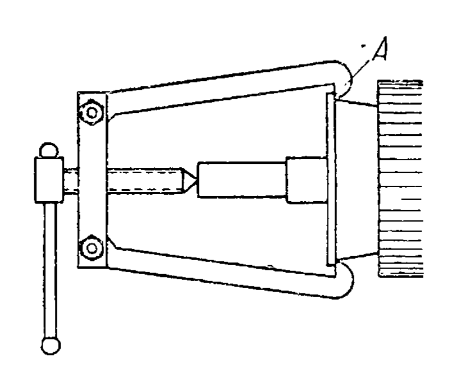


Рис. 99. Снятие нажимного конуса стяжкой.

захватить конус за буртик (рис. 99), если таковой имеется; в других случаях можно захватить его за выемку в кольце или за отверстие для вентиляции. В некоторых случаях пользуются нарезкой, сделанной в нажимном конусе, в которую завинчиваются болты от стяжки.

Можно также удалить кольцо легкими ударами молотка через медную пластину по краю конуса, причем удары должны делаться в диаметрально противоположных точках.

Когда удаление нажимного кольца почему-либо сильно затруднено, применяют нагревание.

После удаления переднего конуса имеется возможность прочистить изоляцию и удалить заусенцы, пыль, стружки и т. п.

Если же после прочистки передней выточки обнаружится, что дефект не устранен, то потребуется снять всю пачку забандажированных пластин со втулки, для чего пачка пластин немного раскачивается и стягивается со втулки. В случаях заедания можно применить стяжку, но при этом нажим на отдельные пластины недопустим, так как это грозит сдвигом

всех пластин. Не следует также ударять молотком с задней торцовой части коллекторных пластин.

После снятия коллектора осматривают пластины со стороны задней выточки и устраняют соединение между пластинами.

Если обнаружится, что устранить соединение невозможно, например вследствие того, что изоляция между пластинами сильно повреждена, то в этом случае приходится разбирать пластины и заменять их изоляционные прокладки новыми (см. ниже).

Если же удалось устранить соединение, следует тщательно вычистить и промыть бензином внутреннюю часть и выточки коллектора, окрасить их спиртовым лаком, после чего еще раз контрольной лампой проверить коллектор.

Следует также тщательно осмотреть, в каком состоянии находятся изоляционные конусы, не выкрошились ли отдельные лепестки слюды и т. п. В случае, если изоляция эта ненадежна, следует заменить ее новой.

в) Повреждения изоляционной прокладки между пластинами.

Довольно часто отдельные изоляционные прокладки между пластинами бывают повреждены (обутлены, выкрошились и т. п.). Для устранения этого дефекта требуется замена изо-

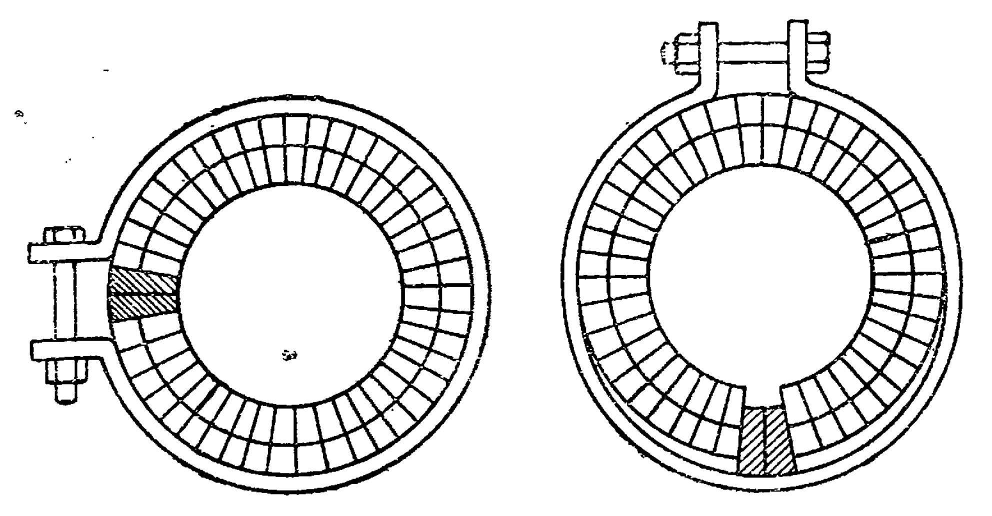


Рис. 100. Скрепление пластин хомутом.

ляционной прокладки по всей длине пластины, так как никакие вставки не могут быть сделаны достаточно надежно.

В этом случае приходится изъять из коллектора две пластины, между которыми находится прокладка.

Для этого якорь устанавливается вертикально, причем кол-

лектор, у которого предварительно удалены верхний нажимной и изолирующий конусы, расположен сверху и на него надевают один или два хомута из полосового железа (рис. 100), через которые проходит болт. Разрез хомута с болтом помещается против тех пластин, которые необходимо удалить. После постановки и затягивания хомутов снимают проволочный бандаж, затем, несколько ослабив нажим хомутов и действуя клином или легкими ударами молотка, удаляют пластины.

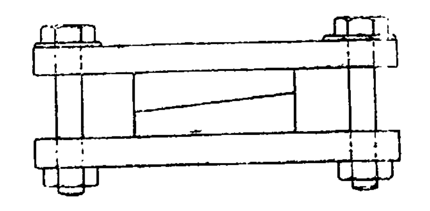


Рис. 101. Оклейка пластин.

По размерам пластин вырезаются изоляционные прокладки, которые затем с боков смазываются жидким (15°) раствором шеллака и приклеиваются к коллекторным ламелям. Важно, чтобы толщина прокладки в точности соответствовала прежней.

Приклейку рекомендуется делать с помощью двух плит (рис. 101), между которыми зажимаются коллекторные пластины вместе с прокладкой с помощью болтов. Для того

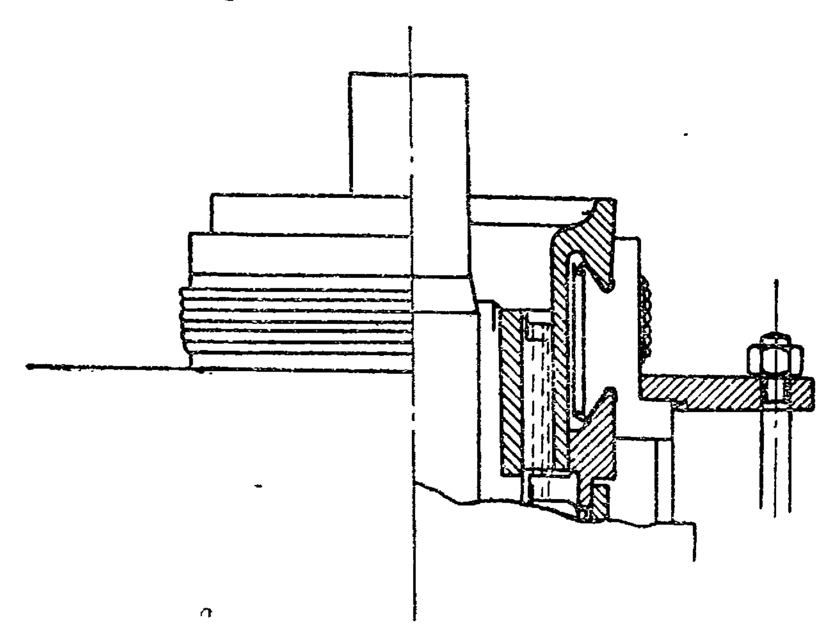


Рис. 102. Укрепление пластин коллектора.

чтобы изоляционная прокладка при этом не склеилась со второй пластиной, между ними прокладывается полоска бумаги. Очень важно, чтобы размер коллекторной пластины совместно с изоляцией соответствовал прежнему.

После этого пластины ставятся на место, а хомуты поочередно поворачивают с тем расчетом, чтобы стягивающий болт расположился диаметрально противоположно смененным пластинам (рис. 100, справа).

Затем нагревают пластины паяльной лампой и затягивают хомуты; пластины при этом ставятся на свое место. Следует проследить, чтобы выточка пластин точно совпала с общей выточкой коллектора.

Вся работа должна производиться с тем расчетом, чтобы не рассыпать пластин.

На рис. 102 показан хороший способ укрепления пластин на заднем конусе при замене нескольких пластин. Здесь пластины с помощью круглой шайбы из железа и стягивающих болтов прижимаются к заднему (нижнему) конусу. Для удаления пластин в шайбе заранее делается клинообразный вырез.

г) Повреждение пластин.

При выгорании пластины сбоку следует восстановить выгоревшую часть. Для этого вырезают выгоревшее место (рис. 103), после чего к нему приклепывается и припаивается облуженный кусок коллекторной меди, который должен быть хорошо притнан и не выступать.

Если припайка происходит серебром, то перед нагреванием следует удалить тщательно олово из прорези пластины, так

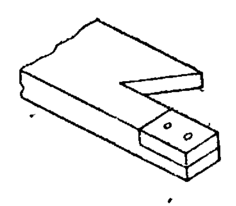


Рис. 103. Починка выгоревшей пластины.

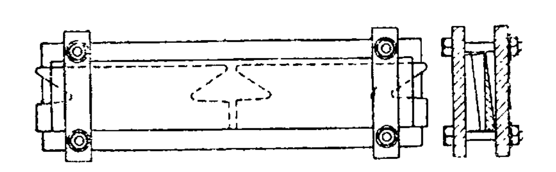


Рис. 104. Изготовление пластин.

как в противном случае удаление перегретого олова будет очень затруднено.

Для изготовления нескольких новых коллекторных пластин две из неповрежденных пластин помещаются внизу оправки (рис. 104) и сверху на них кладется кусок прямоугольной меди, который зажимается с помощью болтов. После этого на фрезерном станке или в крайнем случае вручную снимается заштрихованная часть прямоугольной пластины требуемого размера.

Вырез ласточкиного хвоста может быть грубо сделан ножовкой и обязательно должен быть доведен до точных размеров путем опиловки.

д) Соединение на корпус.

Соединение на корпус обнаруживается мегометром или пробной лампой. Обычно соединение на корпус бывает в результате повреждения изоляционного конуса. Но иногда оно бывает от грязи и пыли на поверхности выступающей части изоляционных конусов. В последнем случае оно может быть легко устранено после чистки и промывки бензином.

В первом случае требуется замена изоляционного конуса. При этом поступают следующим образом.

На коллектор ставится бандаж, после чего способами, описанными выше, удаляется передний нажимной конус.

Когда передний нажимной конус снят, следует еще раз испытать изоляцию. Если теперь соединения не обнаружится, значит, был поврежден передний изоляционный конус (такие случаи чаще встречаются на практике).

Для того чтобы быть уверенным в том, что изоляция коллектора надежна, следует, если нет оснований менять задний изолирующий конус, испытать его испытательным трансформатором. Величина испытательного напряжения при этом не должна быть ниже, чем указанная в табл. 6.

Если при испытании обнаружится повреждение заднего изоляционного конуса, то пачка пластин снимается со втулки. При этом следует отметить взаимное положение пластин и втулки.

Последующая изоляция нажимных конусов может быть достигнута несколькими способами; мы остановимся на наиболее распространенных из них.

Первый способ дает хорошие результаты при тщательной работе и заключается в последовательной оклейке нажимного конуса или выточки коллектора миканитовыми полосками.

Из шеллачного (жесткого) миканита толщиной 0,25—0,35 *мм* вырезаются заготовки указанной на рис. 105 формы. Длина прямоугольной части *а* должна быть равна глубине выточки коллектора *в* плюс 8—10 *мм*. Длина клиновидной части зависит от формы прежней манжеты, но во всяком случае она должна быть не менее чем на 10 *мм* длиннее образующей конуса *б*.

Размеры конусной части прокладки могут быть найдены опытным путем, для чего из прессшпана вырезаются 3—4 пластинки и укладываются впритык в выточку коллектора. При этом между прокладками не должно быть зазора.

Ширина *г* выбирается с тем расчетом, чтобы при испытании на пробой не могло быть перекрытия между стыками. По полученному шаблону нарезаются заготовки.

Перед окончательной укладкой необходимо предварительно отформовать отдельные пластинки, для чего нагретые пластинки прижимаются специальными деревянными колодками к конусу или к выточке — в зависимости от формы манжеты (рис. 106). После того как отформовано требуемое количество пластинок, приступают к оклейке конуса или выточки. Для оклеивания применяют 15% шеллак.

Укладка должна быть сделана так, чтобы слой миканита был везде равномерен и чтобы стыки каждого верхнего слоя были точно расположены на середине пластинок нижнего слоя. Число слоев берется в зависимости от толщины прежнего изоляционного конуса.

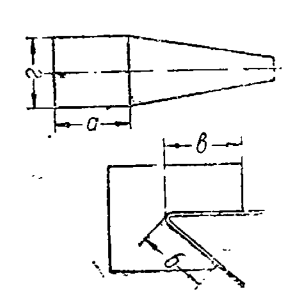


Рис. 105. Изоляционная прокладка (заготовка).

Запрессовка коллектора производится непосредственно после оклейки конуса или выточки. О способах ее будет сказано ниже.

Второй способ изолировки нажимных конусов несколько проще; он также широко применяется на практике.

Для изолировки по этому способу применяются миканитовые полосы (рис. 107), из которых одна (*Б*) кладется по образующей конуса выточки, а вторая (*А*) ставится по краю выточки. При этом по всей длине окружности остается щель *В*, что и является недостатком этого способа.

Полоска *Б* вырезается из миканита толщиной 0,3—0,5 *мм*. Чтобы получить необходимую форму ее, поступают следующим образом.

Измеряют диаметры *а* и *б* (рис. 107); полученные размеры *а*, *б* и *в* наносятся на картон (рис. 108), а непараллельные стороны трапеции продолжаются до пересечения в точке *о*. Ножку циркуля ставят в точку *о* и затем радиусом R_1 описывают окружность, а радиусом R_2, который на 10—15 *мм* меньше *б* (рис. 107), проводят вторую окружность.

По полученному шаблону вырезают заготовки из миканита, которые и укладываются на конусную поверхность выточки коллектора. При этом стыки первого слоя должны быть расположены диаметрально противоположно стыкам следующего и т. д. Закладываемые полосы проклеивают жидким шеллаком.

После оклейки конуса ставятся прямоугольные полоски *А*

(рис. 107), которые также оклеиваются шеллаком. Длина их должна быть равна длине окружности выточки, а высота берется несколько больше глубины с тем, чтобы закрыть нажимной конус. Стыки здесь также следует располагать в разных местах.

Число слоев пластинок *А* и *Б* берется в зависимости от толщины миканита и изоляционного конуса.

При ремонте по этому способу вместо миканита употребляют иногда прессшпан, что весьма нежелательно, так как последний легко впитывает влагу и при повышенной температуре обугливается.

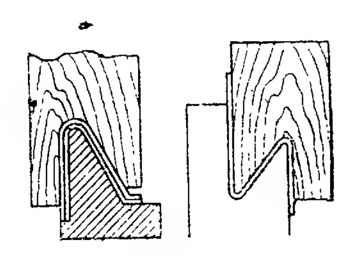


Рис. 106. Формовка изоляционной прокладки.

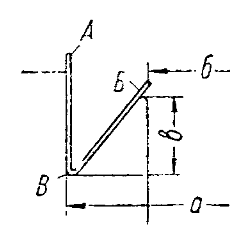


Рис. 107. Заготовка миканитовой изоляции.

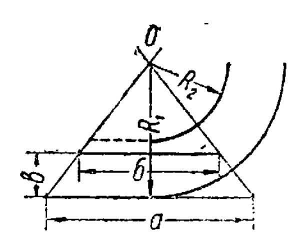


Рис. 108. Способ выкройки миканитовой изоляции.

24. ПЕРЕПРЕССОВКА КОЛЛЕКТОРА.

После изолировки выточек можно запрессовывать коллектор. Вслед за устранением дефекта, вызвавшего распрессовку коллектора, следует операция запрессовки его.

Если пачка пластин не разбиралась и во все время исправления дефекта была скреплена бандажом, то вопрос запрессовки ее не представляет затруднений.

Весь процесс запрессовки может быть произведен на валу в том случае, если втулка и задний конус не снимались с вала.

Перед запрессовкой следует убедиться в том, что изоляция нижнего конуса в порядке, и только после этого забандажированная пачка пластин ставится выточкой на нижний конус, причем желательно, чтобы пачка пластин была поставлена на конус именно в том порядке (той же стороной выточки), как она стояла до разборки; затем так же ставится верхний конус.

При сборке коллектора завинчивают болты или гайку до тех пор, пока они идут свободно, и затем приступают к запрессовке.

Цель запрессовки — как можно сильнее и равномернее стянуть нажимными конусами коллекторные пластины.

Чтобы дать давление на конусы при ремонте, лучше всего

воспользоваться системой пластин и болтов, как это указано на рис. 109, *а* и *б*.

После закрепления приспособления прогревают втулки и пластины коллектора паяльной лампой до 120—130° Ц, причем прогрев должен быть равномерным. Затем затягивают приспособление и таким образом дают давление на конусы, после чего постепенно подвертывают болты или гайку коллектора.

Для достижения лучшей запрессовки рекомендуется после затягивания коллектора в горячем виде дать ему остыть, после чего еще затянуть конусы, затем снова нагреть до 120—130° Ц и еще раз подтянуть гайки. Повторяя эти операции 2—3 раза, можно достичь очень хорошей прессовки.

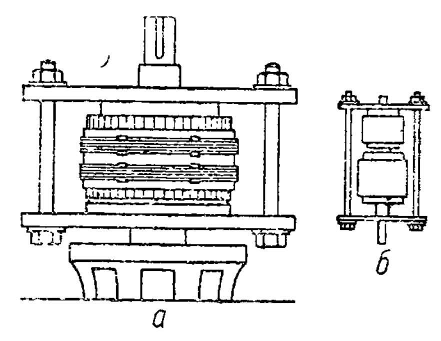


Рис. 109. Запрессовка коллектора на валу.

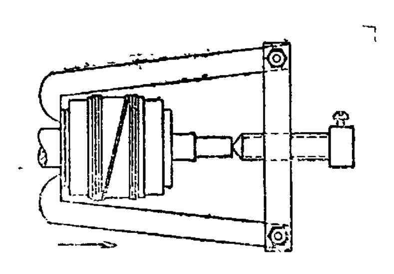


Рис. 110. Стягивание коллектора с вала.

В крайнем случае — при отсутствии приспособлений для затяжки — прессовку производят с помощью затягивания болтов или гайки самого коллектора. Здесь необходимо также тщательно прогревать коллектор; особенно желательно производить затягивание при переменном нагреве и остывании коллектора. Однако качество такой прессовки ниже, чем прессовки с помощью приспособлений.

Затягивание фасонных гаек коллекторов несколько усложняется необходимостью иметь специальные ключи для этой цели. Затягивать же гайки с помощью зубила или какой-либо пластины при прессовке ни в коем случае не следует.

Если требуется сменить много изоляционных прокладок или пластин коллектора, рекомендуется снять его вместе со втулкой с вала якоря. Обычно коллекторы имеют плотную прессовую посадку на валу так, что снятие их с вала требует значительных усилий.

Стягивание коллектора с вала производится с помощью стяжки (рис. 110), аналогичной применяемым для стягивания шкива.

Стянутый коллектор распрессовывается.

Перед разборкой пачки желательно пронумеровать все пластины с целью сохранения в дальнейшем их взаимного расположения.

Для сборки и запрессовки пластин применяется хомут *В* из квадратного железа (рис. 111). Для коллекторов диаметром 300—350 *мм* берут железо 70 × 70 *мм*, диаметром 200 *мм* — 50 × 50 *мм* и т. д.

Хомут изготовляется из двух половин, скрепляемых болтами, путем поковки их в кузнице и последующей обработки. При проточке внутреннего диаметра кладутся между двумя частями хомута прокладки толщиной в несколько миллиметров. Внутренний диаметр хомута берется равным наружному диаметру коллектора или на 2 *мм* больше его.

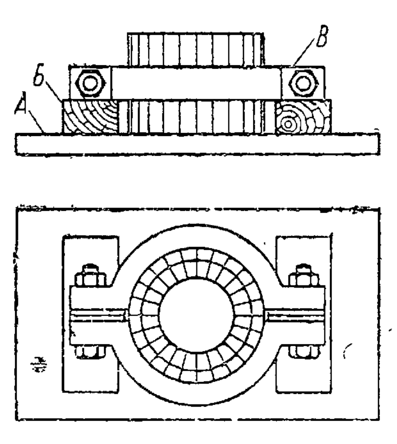


Рис. 111. Сборка пластин в хомут.

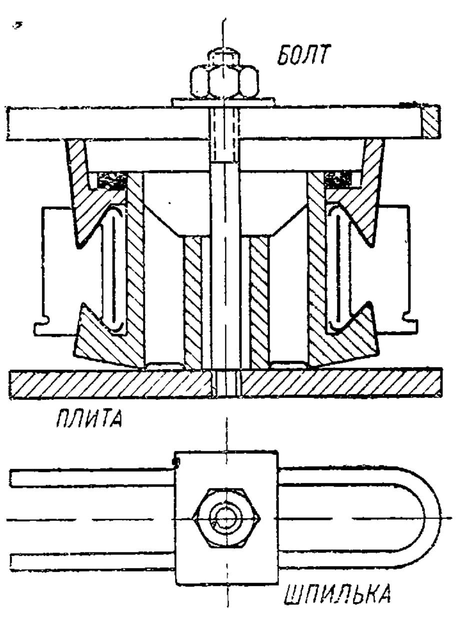


Рис. 113. Запрессовка коллектора во втулку.

В некоторых случаях хомут делают не из двух, а из трех частей.

Сборка коллектора в пачку производится на плите *А* (рис. 111), причем хомут *В* ставится на деревянные подкладки *Б*. Внутри хомута прокладывается прессшпан толщиной 1 *мм*; это дает возможность производить проверку на лампу затянутых в хомут пластин.

После того как все пластины коллектора поставлены в хомут, поджимают болты и проверяют пластины по угольнику, а внутренний диаметр коллектора штангель-циркулем или кронциркулем на отсутствие перекоса.

Затем пластины равномерно нагревают до 120—150° Ц паяльной лампой и поочередно затягивают болты хомута, причем если между половинами хомута не будет просвета, выкидывают прокладки.

Если для изоляции взят миканит плохого качества, при прессовке из него будет обильно выделяться шеллак и могут выползать отдельные пластины слюды. По этой же причине неприемлемо применение простого миканита вместо коллекторного.

После запрессовки, проверив еще раз отсутствие перекоса пластин, хомут вместе с пачкой пластин ставят на токарный станок и с конуса коллектора для выравнивания снимается тонкая стружка; угол конуса при этом должен быть оставлен неизменным.

После расточки тщательно удаляют пыль и стружки изнутри коллектора и затем контрольной лампой проверяют отсутствие соединения между пластинами.

Расточенные пластины коллектора запрессовываются во втулку, причем до окончания запрессовки хомут не снимается. При запрессовке пользуются приспособлениями, аналогичными описанным выше. На рис. 112 показано одно из таких приспособлений.

Запрессовка ведется после равномерного нагрева до 120—150° Ц, причем в некоторых случаях применяют многократный нагрев.

Насадка коллектора на вал должна производиться либо прессом, либо с помощью приспособления, указанного на рис. 113.

При насадке очищают и смазывают маслом конец вала и внутреннюю часть втулки коллектора и следят за тем, чтобы в начале насадки не было перекоса коллектора.

Насаживать коллектор ударами молотка не следует, так как при этом неизбежно повреждается изоляция конусов. После насадки коллектора последний протачивается; для этого якорь с насаженным коллектором устанавливается на токарном станке.

25. ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА МЕЛКИХ КОЛЛЕКТОРОВ.

Описанные выше приемы ремонта относятся главным образом к коллекторам диаметром от 50 до 400 *мм* и выше.

Что касается мелких коллекторов, то здесь часто приходится сталкиваться с креплением нажимных конусов развальцовкой втулки (рис. 97).

Вместо бандажировки мелкие коллекторы обычно скручи-

вают и затягивают несколькими оборотами мягкой железной проволоки диаметром 1,5—2 *мм*.

Удаление коллектора с вала несложно, так как здесь обычно отсутствует шпонка и применяется менее плотная посадка.

Распрессовка производится отжиманием или срубанием развальцованной части втулки.

Обычно для запрессовки приходится вытачивать новую втулку, так как старая не дает возможности спрессовать конус. Изготовленная втулка по размерам должна точно соответствовать старой, причем конец ее *A* делают несколько удлиненным для возможности развальцовки (рис. 114).

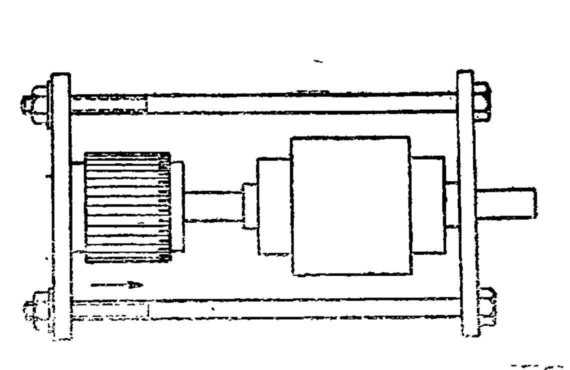


Рис. 113. Насадка коллектора.

Рис. 114. Втулка.

Изолировка пластин и конусов делается, как указано выше.

Запрессовку пластин обычно делают без хомутов. Для этого собранные в пачку пластины стягиваются проволокой, после чего прогреваются и обвязываются новой проволокой с петлями в нескольких местах. Сюда вставляются стержни, вращением которых стягиваются пластины коллектора. Обвязывать проволокой следует не менее чем в двух местах.

После посадки коллекторных пластин на втулку развальцовывают конусный край втулки (рис. 97), чем и удерживаются нажимные конусы.

С запрессованного коллектора снимается стягивающая пластины проволока; после этого испытывается изоляция пластин на корпус и между собой и коллектор насаживается на вал.

Ремонт мелких коллекторов довольно кропотлив и требует такого же внимательного отношения, как и ремонт крупных коллекторов.

СУШКА И ПРОПИТКА.

26. СУШКА И ПРОПИТКА ОБМОТОК ЛАКАМИ.

Громадное число изоляционных материалов, применяемых для изготовления обмоток, содержит в себе целлюлозу. Все эти материалы (прессшпан, бумажная лента, хлопчатобумажная оплетка, полотно, фибра и т. п.), как известно, обладают одним большим недостатком — гигроскопичностью (способностью поглощать влагу): влага, поглощенная изолирующим материалом, сильно понижает электрическую прочность его и вызывает окисление проводника и разрушение изоляции.

Пропитка и покрывание обмоток лаками являются одним из средств защиты обмоток от проникновения влаги и одновременно повышают электрическую прочность изоляционных материалов. Не следует смешивать эти два процесса; поэтому для лучшего уяснения рассмотрим их подробнее.

Под п р о т и т к о й изоляции понимают процесс, при котором все поры изоляционного материала заполняются изоляционными лаками.

Задачей пропитки является:

1) повышение электрической прочности изоляционного материала за счет заполнения воздушных промежутков лаками;

2) улучшение теплопроводности изоляции, т. е. получение лучшего отвода тепла от нагретого проводника, и

3) понижение гигроскопичности изоляционных материалов.

В заводских условиях пропитка лаками производится двумя основными способами — пропиткой погружением и пропиткой в специальных аппаратах под давлением.

Процесс пропитки происходит следующим образом. Изделие сушится в течение 6—8 часов в специальных аппаратах, где в целях более интенсивного удаления влаги сушка происходит при уменьшенном давлении.

Температура при сушке берется равной 95—110° Ц: меньшая температура увеличивает время сушки, бо́льшая — вредна для изоляции.

По окончании сушки изделие погружается в горячем виде в лак или лак впускается в вакуум-аппарат под давлением. Затем происходит сушка, причем время сушки зависит от величины изделия и применяемого для пропитки лака.

Обычно не ограничиваются одной пропиткой, а после

сушки снова повторяют процесс пропитки и затем уже окончательно сушат изделие.

Под покрыванием обмотки лаками понимают заключение изделия во влагонепроницаемую оболочку в виде пленки лака на поверхности изделия.

Основная цель покрывания лаками — уменьшение поверхности изоляционного материала, соприкасаемой с воздухом, и предупреждение от попадания влаги, масла, пыли и т. д.

Хороший лак, идущий на покрытие, дает плотную, эластичную влагонепроницаемую оболочку, сцепленную с поверхностью изделия.

Покрывание производится путем пульверизации, обливания, нанесения слоя лака кистью и т. п. В зависимости от применяемого лака после покрытия требуется, так же как и после пропитки, более или менее продолжительная сушка.

При ремонте обмоток в ремонтной мастерской почти невозможно организовать процесс пропитки и сушки таким образом, как это делается на электромашиностроительных заводах.

Можно рекомендовать указанный ниже порядок, обеспечивающий наилучшую защиту обмотки при применении простейшего оборудования в условиях ремонта.

Прежде всего необходимо употреблять все изоляционные материалы, предварительно пропитанные лаками или проваренные в масле. Затем изготовленные катушки должны быть также пропитаны лаком перед закладкой их в пазы якоря. Если сделать две пропитки, то это дает лучшую влагостойкость.

Намотанный якорь следует покрыть лаком путем обливания.

Оборудование, требуемое для пропитки, прежде всего заключается в сушильном шкафу, необходимом в каждой ремонтной мастерской. Размеры сушильного шкафа должны быть выбраны из тех соображений, чтобы поместить в шкафу одновременно несколько якорей средней мощности. Шкаф изготовляется из 2—3 *мм* железа и для изоляции его от воздуха обкладывается снаружи асбестом или обмазывается слоем асбестовой муки.

Нагревание сушильного шкафа должно давать возможность длительно поддерживать температуру внутри него в 95—110° Ц. Это может быть достигнуто или путем змеевиков, обогреваемых паром, или путем электрических нагревательных элементов.

На рис. 115 показано принципиальное устройство сушильного шкафа, позволяющее производить обмен воздуха при

сушке. Вентилятор *А* прогоняет в шкаф через змеевики, обогреваемые паром, или электрические нагревательные элементы *К* воздух, который, таким образом, поступает в шкаф уже нагретым. Наверху шкафа находится отверстие, через которое воздух втягивается по трубе *Г*. Закрывая заслонку *В* и одновременно открывая заслонку *Д*, можно все время подавать в шкаф свежий воздух. Влажный воздух и испарения удаляются через верхнюю трубу наружу, для чего заслонка *Б* открывается. Закрыв заслонки *Б* и *Д* и открыв заслонку *В*, можно непрерывно прогонять один и тот же воз-

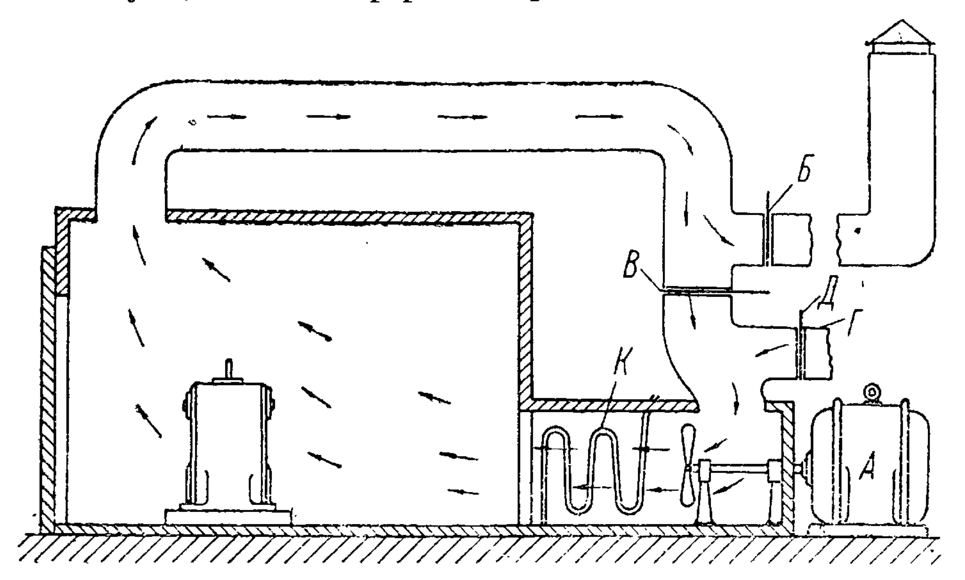


Рис. 115. Сушильный шкаф.

дух через шкаф. Можно также частично открыть заслонки и установить нужный приток свежего воздуха. Для контроля температуры применяется термометр.

Устройство такого шкафа, как видно, несложное, и поэтому его можно изготовить своими средствами. Результаты сушки в таком шкафу можно считать удовлетворительными.

Для хранения лака и растворителей (бензина и т. п.). должны применяться сосуды, герметически закрывающиеся. Для пропитки погружением катушек и изоляционных материалов изготовляются из листовой стали баки с крышками, причем если пропитка не производится ежедневно, не следует оставлять в баках лак. Баки должны содержаться в чистоте и еженедельно промываться.

При покрывании обмоток лаком путем обливания часть лака стекает с обмоток; поэтому следует иметь специально

сделанный железный противень для стекающего лака

При работе с лаками выделяются легко воспламеняющиеся пары бензина; поэтому в месте, где расположено оборудование для пропитки, должны быть приняты меры противопожарной охраны.

27. ЛАКИ.

Качество изоляционного лака играет доминирующую роль во всем процессе пропитки и сушки: от его свойств зависят продолжительность сушки и качество пропитки.

Изоляционные лаки, применяемые на наших электромашиностроительных заводах для пропитки и покрывания обмоток, хорошо проверены и испытаны во всех отношениях. Эти лаки изготовляются на пресненском заводе «Красный маляр» и на харьковском Электромеханическом заводе им. Сталина.

Наибольшее распространение получили черные асфальтовые и масляные лаки, несколько реже применяются светлые изоляционные лаки.

Лак № 4578 — черный, печной сушки, пластический, изолирующий и связующий лак, приготовленный из масла и смол. Применим во всех случаях, требующих быстрой печной сушки. При температуре 100° Ц и надлежащей вязкости (густоты) затвердевает в течение 2,5—3 часов. В некоторых случаях может заменить шеллак. Применяется также для пропитки изоляционного материала, хлопчатобумажной изоляции проводника, шнура и т. д. При ремонте может быть применен для пропитки секций, катушек и якорей с последующей печной сушкой. В качестве растворителя к лаку № 458 применяют бензин. Удельный вес 0,840—0,845.

Лак № 460 — черный, печной сушки. Один из наилучших лаков, применяемых для целей пропитки якорей, секций катушек и т. п. При надлежащей сушке дает прочную твердую пленку, обладающую влагостойкостью и выносливостью. Образует пленки любой величины и дает стойкую пленку против щелочей кислот и атмосферных осадков.

Изменяя продолжительность сушки в печи, можно получить вязкую резинообразную пленку (при короткой сушке), не повреждающуюся при изгибах. Более продолжительная сушка дает крепкую отделочную пленку.

Особенно желательно применять этот лак для предварительной пропитки катушек.

Удельный вес его 0,845.

В качестве растворителя к нему применяют бензин.

Лак № 462 — цементирующий покрывной

лак воздушной сушки. При непродолжительной сушке в печи быстро затвердевает; при сушке на воздухе для затвердевания требует 3—4 часа.

Применяется широко в качестве покрывного лака.

Лак № 802 — светлый, печной сушки. Применяется иногда для пропитки катушек. Удельный вес его 0,815—0,820. Сушка печная 4—5 часов.

Лак № 882 — черный спиртовой изоляционный лак воздушной сушки. Применяется для покрытия обмоток.

Все перечисленные лаки изготовляются на лаковом заводе ХЭМЗ и широко применяются на всех электромашиностроительных заводах Союза.

В приложении II даны характеристики лаков гостреста «Лакокраска».

Плотность лака имеет большое влияние на пропитку и время сушки. Густой лак сушится дольше, чем тот же лак, более жидкий.

В процессе пропитки следует не реже одного раза в день перед пропиткой проверять ареометром плотность лака.

28. СУШКА И ПРОПИТКА ЗАГОТОВОК.

Приводим способы пропитки заготовок, взятые из заводской практики и которые с успехом могут быть применены в ремонтной мастерской.

Пропитка обмоточной проволоки. Поступившая со склада в бухтах проволока распаковывается и развешивается на перекладинах, причем каждая бухта развешивается на отдельной перекладине.

После этого проволока помещается в печь при температуре 105—110° Ц на полчаса. Вынув ее из печи, ей дают немного остыть, после чего перекладину с проводом погружают в лак. Лак употребляют № 458, разбавленный бензином в отношении 1 : 1. Затем дают стечь лаку; при этом проволоку поворачивают на 180°, после чего перекладины немедленно помещают в печь, где сушат 1,5—2 часа при температуре 95—110° Ц.

Пропитка лаком изоляционной (тафтяной, батистовой и т. п.) ленты совершенно аналогична. Лак употребляется тот же (№ 458), и он также разбавлен наполовину бензином.

Пропитка маслом прессшпана и полотна. Прессшпан, нагретый до 60° Ц, погружается в бак, содержащий вареное масло — олифу № 991, разбавленную $^1/_6$ бензина. После этого дают стечь маслу (иногда обтирают тряпками) и сушат на воздухе.

Полотно или другая ткань растягивается на деревянные рамы, сушится около получаса, затем погружается в олифу № 991, разбавленную $^1/_3$ бензина.

Сушка производится в печи при температуре около 100° Ц в течение 8—10 часов.

Пропитка стержней и катушек. Как правило, все без исключения катушки и стержни перед закладкой в железо пропитываются. Те обмотки, которые выполняются вручную, наматываются из пропитанного проводника.

Якорные катушки обычно пропитываются два раза: первый раз непосредственно после намотки и второй раз — после изолировки. Стержни, изготовляемые из голой меди, пропитываются один раз после изолировки лентой, второй раз после опрессовки пазовых частей и изолировки лобовых частей.

Нормальный процесс пропитки следующий:

1) Сушка секций в шкафу при температуре 90—100° Ц в течение 2—3 часов.

2) Пропитка погружением.

3) Сушка в шкафах при температуре 80—90° Ц — в зависимости от номера лака — от 2 до 10 часов.

Для якорных секций употребляется светлый лак № 802 (удельный вес 0,815), реже лак № 458. Лаки обычно растворяются $^1/_3$ бензина (при первой пропитке). Для этой же цели можно применить лак № 319 «Лакокраски».

Магнитные катушки также пропитываются лаком № 458 два раза: до и после изолировки. Иногда после второй пропитки они покрываются еще раз лаком № 982 (черный спиртовой лак; уд. вес 0,845—0,850 при 20° Ц).

Для машин с влагостойкой изоляцией катушки пропитываются минимум три раза:

первый раз после намотки — лак № 458;

второй раз — после изолировки — лак № 460.

После второго раза сушка 2—3 часа, после чего снова — третий раз — лак № 462 или 460.

После этого сушка от 3 до 15 часов при температуре 70—90° Ц.

29. ПОКРЫВАНИЕ ЯКОРЕЙ ЛАКАМИ.

Перед покрыванием рекомендуется просушить якорь в шкафу в течение 6—8 часов при температуре 105—110° Ц, с обменом воздуха.

Затем вынутый якорь либо погружается в лак, либо обливается лаком из ковша.

Для покрывания якорей рекомендуется лак № 462: в спеш-

ных случаях можно применять быстросохнущий лак № 316 «Лакокраски».

Сушка после покрывания производится в печи с температурой 90—100° Ц. Время сушки зависит от сорта лака.

Приводим среднее время сушки после пропитки наиболее употребительными лаками якорей:

№ лака	Время сушки (в часах) при температуре 95—110° Ц
458	5—8
460	10—15
462	2—3
319	20
316	12
324	4—6

По окончании сушки следует убедиться в том, что изоляция достаточна и лак не прилипает к папиросной бумаге. Изоляцию рекомендуется проверять в горячем виде мегометром.

МЕДЬ ОБМОТОЧНАЯ

ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ

ОСТ 4123

Настоящий стандарт распространяется на голую или изолированную медь круглых или прямоугольных сплошных сечений, применяемую в обмотках электрических машин, трансформаторов и аппаратов.

А. КЛАССИФИКАЦИЯ

§ 1. По роду изоляции обмоточная медь подразделяется на следующие марки:

Марка ПЭ — изоляция эмалевая.
" ПЭБО " " и один слой хлопчатобумажной обмотки.
" ПЭБД " " и два слоя хлопчатобумажной обмотки.
" ПЭШО " " и один слой шелковой обмотки.
" ПЭШД " " и два слоя шелковой обмотки.
" ПШО " одним слоем шелковой обмотки.
" ПШД " двумя слоями шелковой обмотки.
" ПБО " одним слоем хлопчатобумажной обмотки.
" ПБД " двумя слоями хлопчатобумажной обмотки.
" ПБТ " тремя " " "
" ПБОО " одним слоем хлопчатобумажной обмотки и хлопчатобумажной оплеткой.
" ПБДО " двумя слоями хлопчатобумажной обмотки и хлопчатобумажной оплеткой.
" ПББО " двумя слоями обмотки лентой из кабельной бумаги и и одним слоем хлопчатобумажной обмотки.
" ПБ " двумя или более слоями обмотки и лентой из кабельной бумаги.
" ПА " из асбестового волокна.
" ПАО " асбестовой оплеткой.

Примечание 1. Медь обмоточная марки ПЭ должна удовлетворять ОСТ „Проволока медная эмалированная".

Примечание 2. Медь обмоточная марок ПА и ПАО должна удовлетворять особому ОСТ.

§ 2. По форме сечения обмоточная медь подразделяется на круглую и прямоугольную

Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 28 декабря 1931 г. как обязательный с 1 февраля 1932 г.

Б. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

§ 3. Размеры, допуски и вес круглой и прямоугольной голой обмоточной меди должны быть согласно табл. 1—4.

Таблица 1. Размеры, допуски и вес круглой голой обмоточной меди

Номинальный диаметр *мм*	Предельное отклонение *мм*	Сечение *мм²*	Вес 1 *км* *кг*	Номинальный диаметр *мм*	Предельное отклонение *мм*	Сечение *мм²*	Вес 1 *км* *кг*
0,03		0,00071	0,0063	(0,72)	± 0,015	0,40715	3,629
0,04		0,00126	0,0120	0,74		0,43008	3,833
0,05		0,00196	0,0175	(0,77)		0,46556	4,150
0,06		0,00283	0,0252	0,80		0,50265	4,430
0,07		0,00385	0,0343	(0,83)		0,54106	4,822
0,08		0,00502	0,0448	0,86		0,58088	5,177
0,09		0,00636	0,0567	(0,90)		0,63617	5,670
				0,93		0,67929	6,054
0,10	± 0,005	0,00785	0,070	(0,96)		0,72382	6,451
0,11		0,00950	0,085	1,00		0,78540	7,000
0,12		0,01131	0,101				
0,13		0,01327	0,118	(1,04)	± 0,02	0,8495	7,872
0,14		0,01539	0,137	1,08		0,9161	8,165
0,15		0,01767	0,158	(1,12)		0,9852	8,781
0,16		0,02011	0,179	1,16		1,0568	9,410
0,17		0,02270	0,202	(1,20)		1,1310	10,081
0,18		0,02545	0,227	1,25		1,2272	10,937
0,19		0,02835	0,253	(1,30)		1,3273	11,830
0,20		0,03142	0,280	1,35		1,4314	12,757
0,21		0,03464	0,309	(1,40)		1,5394	13,721
0,23		0,04155	0,370	1,45		1,6513	14,717
0,25		0,04909	0,437	(1,50)		1,7671	15,750
				1,56		1,9113	17,035
0,27	± 0,01	0,05726	0,510	(1,62)		2,0612	18,371
0,29		0,06605	0,589	1,68		2,2167	19,757
0,31		0,07548	0,673				
0,33		0,08553	0,762	(1,74)	± 0,025	2,3779	21,194
0,35		0,09621	1,857	1,81		2,5730	22,933
0,38		0,11341	1,011	(1,88)		2,7759	24,742
0,41		0,13202	1,177	1,95		2,9865	26,617
0,44		0,15205	1,355	(2,02)		3,2047	28,563
0,47		0,17349	1,546	2,10		3,4637	30,870
0,49		0,18848	1,675				35,753
0,51		0,20428	1,821	2,26	± 0,03	4,0115	
(0,53)		0,22051	1,960	2,44		4,6759	41,675
0,55		0,23758	2,118	2,63		5,4325	48,418
(0,57)		0,25505	2,267	2,83		6,2902	56,062
0,59		0,27340	2,437				
(0,62)		0,30191	2,691	3,05	± 0,04	7,3062	65,117
0,64		0,32170	2,877	3,28		8,4496	75,309
(0 67)		0,35256	3,142	3,53		9,7868	87,226
0,69		0,37393	3,333	3,80		11,341	101,08

Примечание 1. Предельные отклонения для меди обмоточной диаметром менее 0,10 *мм* должны удовлетворять ОСТ на „Эмалированную проволоку".

Примечание 2. Размеры меди, стоящие в скобках, не рекомендуются и применяются лишь тогда когда это дает по расчету экономию меди.

Таблица 3. **Допуски на голую прямоугольную медь (см. рис. 1 табл. 2)**

Размеры *а* или *б* *мм*	Предельные отклонения *мм*
0,74— 1,25	± 0,02
1,35— 1,95	± 0,03
2,1 — 2,83	± 0,04
3,05— 4,4	± 0,05
4,7 — 9,3	± 0,07
10,0 —14,5	± 0,09
15,6 —19,5	± 0,12
21,0 —26,3	± 0,15
28,3 —35,3	± 0,20
41 —55	± 0,25
64	± 0,30

Таблица 4. **Таблица весов для стандартных сечений прямоугольной меди.**

Сечение *мм²*	Вес 1 *км* *кг*	Сечение *мм²*	Вес 1 *км* *кг*	Сечение *мм²*	Вес 1 *км* *кг*	Сечение *мм²*	Вес 1 *км* *кг*
2,83	25,2	7,2	64,1	11,3	101	16,6	148
3,04	27,0	7,3	65	11,4	101	16,7	149
3,28	29,2	7,4	65,9	11,5	102	16,8	150
3,29	29,3	7,5	66,7	11,6	103	16,9	150
3,53	31,4	7,7	68,5	11,7	104	17,6	157
3,54	31,5	7,8	69,4	12,2	109	17,8	158
3,6	32	7,9	70,3	12,3	109	17,9	159
3,8	33,8	8,0	71,2	12,4	110	18,1	161
4,1	36,5	8,3	73,9	12,5	111	19,1	170
4,2	37,4	8,4	74,8	13,1	117	19,2	171
4,4	39,2	8,6	76,5	13,2	117	19,3	172
4,5	40	8,9	79,2	13,4	119	19,5	174
4,7	41,8	9,0	80,1	13,5	120	19,6	174
4,8	42,7	9,1	81	14,1	125	20,6	183
4,9	43,6	9,2	81,9	14,2	126	20,7	184
5,1	45,4	9,3	82,9	14,3	127	20,8	185
5,3	47,2	9,7	86,3	14,4	128	21,0	187
5,5	48,9	9,8	87,2	14,5	129	21,9	195
5,7	50,7	9,9	88,1	14,6	130	22,2	198
5,9	52,5	10,0	89	15,2	135	22,4	199
6,2	55,2	10,4	93	15,3	136	22,5	200
6,3	56,1	10,5	93	15,4	137	22,6	201
6,4	57	10,6	94	15,6	139	22,7	202
6,7	59,6	10,7	95	15,7	140	24,0	214
6,8	60,5	10,8	96	16,2	144	24,1	214
6,9	61,4	11,2	100	16,5	147	24,2	215

Сечение *мм*²	Вес 1 *км* *кг*	Сечение *мм*²	Вес 1 *км* *кг*	Сечение *мм*²	Вес 1 *км* *кг*	Сечение *мм*²	Вес 1 *км* *кг*
24,3	216	38,0	338	63,6	566	98,5	876
24,4	217	40,2	358	63,7	567	98,8	880
25,7	229	40,6	362	63,8	568	99,2	883
25,8	230	40,7	363	64,0	570	99,3	884
26,0	231	40,8	363	68,0	605	99,5	886
26,1	232	40,9	364	68,4	610	99,7	887
26,2	233	41,0	365	68,6	610	99,8	888
26,3	234	41,1	366	68,7	611	106	943
27,5	245	43,5	387	68,8	612	106,9	951
27,9	248	43,6	388	68,9	613	107,0	952
28,0	249	43,8	390	73,1	650	107,1	953
28,1	250	43,9	391	73,2	653	107,3	956
28,2	251	44,0	392	73,7	656	107,4	956
28,3	252	44,1	393	73,8	657	107,5	957
29,9	266	44,2	394	73,9	658	107,6	957
30,1	268	44,3	394	74,0	659	114,5	1020
30,2	269	46,8	417	74,2	660	115	1022
30,3	270	47,2	420	78,7	700	115,3	1027
30,4	271	47,3	421	79	703	115,5	1029
30,5	271	47,4	422	79,3	706	115,6	1030
32,2	287	47,5	422	79,4	707	115,7	1030
32,3	287	47,6	423	79,6	709	115,8	1030
32,4	288	47,7	424	79,8	710	123,4	1100
32,5	289	50,6	450	79,9	711	124,1	1110
32,6	290	50,8	453	80,0	712	124,2	1110
32,7	291	51,0	454	85,5	760	124,3	1110
32,8	292	51,1	455	85,6	762	124,6	1110
32,9	293	51,2	456	85,7	763	124,8	1110
34,6	308	54,8	488	85,8	764	132,8	1180
35,0	312	54,9	489	85,9	765	133,9	1190
35,1	312	55,0	490	86,0	765	134	1190
35,2	313	55,1	491	86,1	766	134,2	1190
35,3	314	58,5	521	91,5	815	134,3	1190
37,4	333	58,9	524	92,1	820	143,1	1270
37,5	334	59,0	525	92,2	820	144,1	1280
37,6	335	59,1	526	92,4	823	144,4	1280
37,7	336	59,2	527	92,5	824	153,9	1370
37,8	336	59,3	528	92,6	825	155,3	1385
37,9	337	63,3	564	92,8	827	155,4	1385
						155,9	1385

Таблица 5. Толщина изоляции круглой обмоточной меди

(см. рис. 2).

D—диаметр обмоточного провода в изоляции.

d—диаметр голого обмоточного провода (жилы).

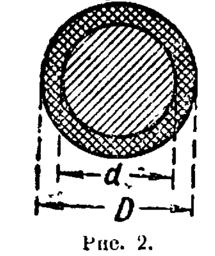


Рис. 2.

Марки	Диаметр голого провода (мм)																			
	От 0,10 до 0,22		От 0,21 до 0,25		От 0,27 до 0,29		От 0,31 до 0,33		От 0,41 до 0,49		От 0,51 до 0,72		От 0,74 до 1,04		От 1,08 до 1,5		От 1,56 до 2,02		От 2,10 до 3,80	
	$D-d$	Предельные отклонения	$D-d$	Предельные отклонения	$D-d$	Предельные отклонения	$D-d$	Предельные отклонения	D d	Предельные отклонения	$D-d$	Предельные отклонения	$D-d$	Предельные отклонения	$D-d$	Предельные отклонения	$D-d$	Предельные отклонения	$D-d$	Предельные отклонения
ПЭ	0,015	±0,005	0,020	±0,005	0,025	±0,005	0,030	±0,1	0,035	±0,01	0,040	±0,01	0,050	±0,01	0,06	±0,01	0,06	±0,01	—	—
ПЭБО	0,105	±0,015	0,110	±0,015	0,135	±0,020	0,140	±0,020	0,145	±0,020	0,150	±0,020	0,160	±0,020	0,185	±0,025	0,185	±0,025	—	—
ПЭБД	0,185	±0,020	0,190	±0,020	0,225	±0,030	0,230	±0,030	0,235	±0,030	0,240	±0,030	0,250	±0,030	0,30	±0,04	0,30	±0,04	—	—
ПЭШО	0,075	±0,01	0,08	±0,01	0,085	±0,015	0,09	±0,015	0,095	±0,015	0,10	±0,015	0,11	±0,015	0,12	±0,015	—	—	—	—
ПЭШД	0,135	±0,015	0,14	±0,015	0,145	±0,020	0,15	±0,02	0,155	±0,02	0,16	±0,02	0,17	±0,02	0,18	±0,02	—	—	—	—
ПШО	0,06	±0,005	0,06	±0,005	0,06	±0,005	0,06	±0,005	0,06	±0,005	0,06	±0,005	0,06	±0,005	0,06	∓0,005	—	—	—	—
ПШД	0,12	±0,01	0,12	±0,01	0,12	±0,01	0,12	±0,01	0,12	±0,01	0,12	±0,01	0,12	±0,01	0,12	±0,01	—	—	—	—
ПБО	0,09	±0,01	0,09	±0,01	0,11	±0,01	0,11	±0,01	0,11	±0,01	0,11	±0,01	0,11	±0,01	0,125	±0,015	0,125	±0,015	0,16	±0,02
ПБД	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,20	±0,02	0,20	±0,02	0,25	±0,20	0,25	±0,02	0,30	±0,03
ПБТ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ПБОО	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,50	±0,05	0,50	±0,05	0,50	±0,05
ПБДО	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,65	∓0,06	0,65	±0,06	0,65	±0,06
ПББО	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	±0,05	0,45	±0,05

Примечание 1. Допуск относится только в толщине изоляции ($D-d$).

2. Круглая медь обмоточная марки ПБТ допускается также по договоренности с кабельными заводами с размерами и допусками изоляции, соответствующими прямоугольной меди марки ПБТ.

§ 4. Обмоточная медь должна удовлетворять ОСТ 420 и 421; начиная с диаметра более 10 *мм* она должна быть изготовлена в мягкоотожженном виде, а до диаметра 0,10 *мм* включительно — должна изготовляться без отжига.

Прямоугольная обмоточная медь должна поставляться только в отожженном виде.

Примечание. Вышеуказанное не распространяется на медную эмалированную проволоку, которая должна удовлетворять специальному ОСТ.

§ 5. Края прямоугольной отожженной меди должны быть закруглены радиусом в зависимости от меньшей стороны сечения (см. рис. 3).

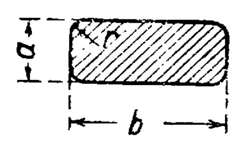


Рис. 3.

При меньшей стороне:

$a < 1{,}81$ *мм* края должны быть закруглены настолько, чтобы не было острых граней.

$a \geqq 1{,}81$ *мм* радиус закругления $r = 0{,}5$ *мм*.

§ 6. Толщина изоляции для круглой и прямоугольной обмоточной меди указана в таблицах 5 и 6; в этих же таблицах даны допуски на толщину изоляции. Максимальный допуск на изолированную медь должен быть не более суммы допусков на медь и изоляцию (см. табл. 5 и 6).

Таблица 6. **Толщина изоляции обмоточной меди** (см. рис. 4)

Меньшая сторона сечения a	1,0		1,09—1,45		1,56—1,95		2,1—2,8		4,1—5,1	
Толщина ($B—b$) и предельное отклонение ($\pm\delta$) толщины изоляции	$B—b$	$\pm\delta$	$B—b$	$\pm\delta$	$B—b$	$\pm\delta$	$B—b$	$\pm\delta$	$B—b$	$\pm\delta$
Марка меди										
ПБО	0.11	0,01	0,125	0,015	0,125	0,015	0,16	0,015	0,21	0,02
ПБД	0,20	0,02	0,25	0,02	0,25	0,02	0,30	0,03	0,40	0,04
ПБТ	0,30	0,03	0,37	0,04	0,37	0,04	0,45	0,05	0,60	0,06
ПББО	0.45	0.05	0.45	0,05	0,45	0,05	0,45	0,05	0.50	0,05

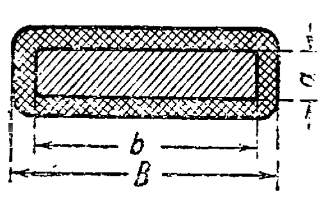


Рис. 4.

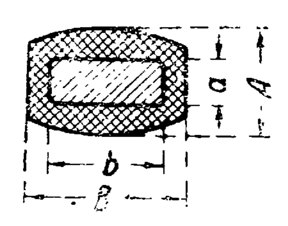


Рис. 5.

Примечание. 1. Медь обмоточная марки ПБОО допускается по договоренности с кабельными заводами с размерами изоляции и допусками соответственно круглой меди марки ПБОО.

Примечание 2. Вследствие явления „вспучивания" толщина $A—a$ (см. рис. 5) больше номинальной толщины $B—b$, но ввиду того, что разница в толщине то вспучивания трудно поддается учету, толщина $A—a$ принята в стандарте равной номинальной $B—b$.

§ 7. Нитки изоляционного покрова обмоточной меди должны быть намотаны на провод плотными, равномерными, с минимальным винтовым ходом рядами (без ребристости).

Изоляция прямоугольной обмоточной меди не должна давать оголенных мест или заметных просветов при сгибании плашмя (т. е. широкой стороной) на 180° на круглом стержне диаметром, равным меньшей стороне испытуемой проволоки, не не менее 3 *мм*.

Изоляция круглой проволоки не должна давать оголенных мест или просветов при изгибании на 180° на круглом стержне диаметром, равным диаметру испытуемой проволоки, но не менее 2 *мм*.

Примечание. Для меди обмоточной марки ПББО обмотка хлопчатобумажной пряжей может быть выполнена в виде открытой, а не сплошной спирали.

В. УПАКОВКА И МАРКИРОВКА

§ 8. Медь обмоточная, как голая, так и изолированная, должна доставляться в нижеследующей упаковке:

а) Круглая проволока диаметром от 2,1 *мм* включительно должна быть намотана на деревянные катушки; уровень намотанной катушки меди должен быть на расстоянии не менее 10 *мм* от уровня краев щек катушки при диаметре щек более 250 *мм*; при диаметре же щек катушки от 250 *мм* и меньше — не менее 3 *мм*. Обмотанные равными, плотными слоями проволоки катушки меди должны быть, во избежание порчи наружных слоев проволоки, тщательно обернуты бумагой. Начало и конец мотка должны быть выведены через отверстие во флянцах катушки достаточно длинными кусками, чтобы можно было произвести контрольные измерения.

б) Круглая проволока диаметром от 2,26 *мм* и более, а также прямоугольная медь доставляются в бухтах размером согласно эскизу рис. 6 и табл. 7. Бухты должны быть перевязаны лентой в четырех местах.

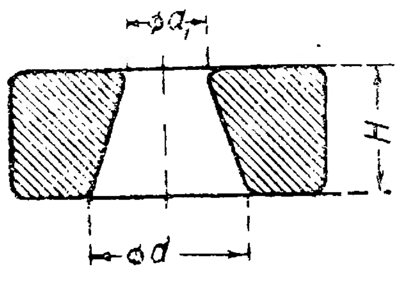


Рис. 6.

Примечание. 1. По договоренности потребителя с поставщиком, в зависимости от условий производства и хранения на складе, доставка может производиться: круглой обмоточной изолированной меди указанных в п. „а" настоящего параграфа размеров—в бухтах, а прямоугольной меди—на деревянных катушках (барабанах) и в кругах.

Примечание 2. Поставка голой проволоки в бухтах или катушках обусловливается заказом.

Таблица 7. **Размеры и вес бухт** (см. рис. 6)

Номера бухт	H *мм*	d *мм*	d_1 *мм*	Назначение	Нормальный вес *кг*
1	130	310	290	Для всей круглой меди и для прямоугольн. сечен. до 25 *мм*²	От 30 до 40
2	130	450	410	Для прямоугольной меди сечением более 25 *мм*²	От 60 до 80

Медь обмоточная прямоугольного сечения должна быть намотана обязательно на большую сторону своего сечения, т. е. плашмя. Бухты должны быть плотно обмотаны посконной лентой (мешковиной) или другим равноценным по прочности материалом внахлестку, концы покровной ленты должны быть прочно заметаны ниткой.

§ 9. Каждая катушка или бухта должна быть снабжена прочно привязанным и хорошо запрятанным в слое наружного покрова (во избежание потери при перевозке) ярлыком, содержащим следующие данные: 1) наименование завода, изготовившего провод, 2) марку провода, 3) размеры провода голого и изолированного в миллиметрах, 4) вес нетто и брутто в килограммах.

§ 10. Места связки концов в бухте должны быть отмечены красной бумагой.

Г. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ.

§ 11. Приемка обмоточной меди производится согласно правилам приемки ОСТ 420 со следующими изменениями и дополнениями;

§ 12. Проверке подлежит каждая бухта или катушка (барабан).

§ 13. Проверка геометрических размеров обмоточной меди производится простым обмером линейных размеров голого и изолированного провода помощью микрометра; у прямоугольной изолированной обмоточной меди измеряется размер „*B*" (см. рис. 4). Обмер производится на расстоянии не менее 3 *м* от верхнего конца меди.

§ 14. Изоляция проверяется согласно требованиям § 7 настоящего стандарта.

ЛАКИ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ.

ВИДЫ ЛАКОВ.

(Гострест «Лакокраска», Москва.)

Лак № 320 — светлый. Почти бесцветный лак для изоляции моторных частей, требующих предельного сопротивления току при максимальной гибкости и прочности, как-то: якорных секций и магнитных катушек.

Незаменим для пропитки бумаги различных тканей (для обмотки и других надобностей в технике сильных токов).

Требует сушки при 80—90° Ц в течение 8—12 часов.

Лак № 324 — светлый, для первой пропитки. Скоросохнущий лак. Употребляется для первой пропитки обмотанных моторных частей, как-то: якорных секций, магнитных катушек и различной медной арматуры, требующей большого сопротивления току. Сохнет при комнатной температуре в течение 8—10 часов, а при 80° Ц — в 2 часа.

Сопротивление на пробивание при толщине слоя лака на бумаге 0,025 *мм* более 1200 V.

Лак № 325 — светлый скоросохнущий. В виду стойкости против воды, смазочного масла и слабых растворов кислоты употребляется для последнего покрытия обмотанных частей, пропитанных лаками № 320 и 324.

Сохнет при комнатной температуре в 8—10 часов, а при 80° Ц — в 2 часа.

Сопротивление на пробивание при толщине слоя лака 0,025 *мм* более 1300 V.

Лак № 316 — скоросохнущий черный. Изоляционный лак для спешного ремонта. Сохнет при комнатной температуре в течение 1—2 часов.

Лак № 319 — черный. Лучший из черных лаков для изоляции секций, катушек и другой арматуры, для сильных токов, где возможна перегрузка. Отличается прочностью и максимальным сопротивлением току. Требует сушки при 80—90° Ц на 20—24 часа. Единственный черный лак, сохраняющий на очень долгое время, при самых неблагоприятных условиях, первоначальную гибкость. Сопротивление на пробивание 12 000 V при толщине пропитанного полотна 0,25 *мм*.

Лак № 321 — черный, для последнего покрытия. Применяется для последнего покрытия с горячей сушкой собранных магнитных катушек и т. п., выдерживает без изменения влияние высокой температуры и смазочных минеральных масел. Сушится при 80—90° Ц на 6—8 часов.

Лак № 375 — черный. Эластичный скоросохнущий лак для изоляции воздушных проводов.

РУКОВОДСТВО К УПОТРЕБЛЕНИЮ НАШИХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОЛАКОВ.

Общие сведения.

При покрывании частей, подлежащих изоляции, изоляционными лаками применяются два способа:

1) горячая сушка — сушка лаков происходит в специально устроенных сушилках при повышении температуры от 80 до 100° Ц и

2) сушка на воздухе — сушка лаков происходит при комнатной температуре 15—20° Ц.

Предпочтение следует отдавать первому способу в виду достижения при нем быстрой, полной и равномерной просушки.

Приготовленные к лакированию обмотанные катушки и секции нужно тщательно просушить для полного удаления находящейся в обмотке влаги.

Оставшаяся влага неминуемо вызовет окисление и поведет к более или менее быстрой порче изоляции.

Удаление влаги и первая пропитка.

Там, где не имеется сушилки вакуум (вакуум-аппарата), советуем высушивать обмотанные части при 90° Ц и в горячем виде окунать их в лак для пропитки. Части оставляют в лаке, пока от них подымаются пузырьки воздуха или же пока они не остынут до температуры лака в ванне (не свыше 40°). После этого части следует — по возможности немедленно после стекания излишка лака — передать для просушки.

Просушка лака.

Лучшая температура для просушки лака — около 90° Ц. Для полной просушки слоя лака требуется в среднем 8—12 часов.

Температура выше 100° Ц и слишком продолжительная сушка могут повредить обмотанную сталь. При температуре ниже 80° лак сохнет только на поверхности, а в глубине слой его может остаться непросушенным, что даст нежелательные последствия.

Сушилка должна иметь хорошую и правильную вентиляцию; в противном случае о правильной просушке не может быть и речи.

Для получения вполне хороших результатов необходимо обращать особое внимание на изолируемую медь. Всякая медь со следами окиси должна быть признана негодной к употреблению.

Вторая пропитка.

После просушки части снова лакируют лаком № 325 или черным № 321 и сушат вторично, но при повторном лакировании предметы окунают в лак уже в холодном виде, ибо на горячих предметах остается слишком тонкий слой лака.

После сборки отдельных секций в пакет части лакируют еще до двух раз лаком № 325 или черным № 321 (как сказано выше).

Густота лака.

Во время работы лак — вследствие испарения растворителя — сгущается и требует прибавления, время от времени, бензола или скипидара для приведения его до первоначальной густоты. Слишком густой лак плохо пропитывает обмотку и может вызвать осложнения в сушке.

Окисление меди при употреблении изоляционного лака может происходить по следующим причинам:

1) неполное удаление влаги в обмотке до пропитки лаком;

2) употребление слишком густого лака для первой пропитки, благодаря чему образуется очень толстый слой лака, не имеющий возможности правильно просохнуть насквозь;

3) оставление катушки или секции долгое время невысушенными после пропитки лаком и неудовлетворительное состояние сушилки.

Редактор *Л. Б. Ривлин.* Техн. редактор *Ф. С. Лыссая.*
Сдано в набор 11/X 1933 г. Бум. листов $2^{1}/_{16}$ Подписано к печати 25/III 1934 г.
Формат $82\times110^{1}/_{32}$. Энергоиздат № 810/л. Тип. зн. в 1 бум. л. 165.440.
Ленгорлит № 8457. Тираж 10.000—авт. л. 9. Заказ № 1618.